

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

FLAVIANE GALVANI NUNES

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE RÚCULA UTILIZANDO SUBSTRATO
DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO E
DE PODA DE GRAMA DA UTFPR - CÂMPUS CAMPO MOURÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2018

FLAVIANE GALVANI NUNES

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE RÚCULA UTILIZANDO SUBSTRATO
DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO E
DE PODA DE GRAMA DA UTFPR - CÂMPUS CAMPO MOURÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Ambiental, do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB), do Câmpus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de "Bacharel em Engenharia Ambiental".

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Vanessa Medeiros Corneli

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Morgana Suszek Gonçalves

CAMPO MOURÃO

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Ambiental - DAAMB
Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

PRODUÇÃO DE MUDAS DE RÚCULA UTILIZANDO SUBSTRATO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO E DE PODA DE GRAMA DA UTFPR - CÂMPUS CAMPO MOURÃO

por

FLAVIANE GALVANI NUNES

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 22 de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr. Vanessa Medeiros Corneli

Prof. Dr. Morgana Suszek Gonçalves

Prof. Dr. Marcia Aparecida de Oliveira

Prof. Me. Thiago Morais de Castro

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso de Engenharia Ambiental.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por me amar tanto e nunca me abandonar.

Aos meus pais, Luiz e Dulcilene, que sempre me apoiaram e forneceram as melhores bases para a minha formação pessoal, guiando meus passos quando preciso e inspirando sempre à mais altos ideais pelo exemplo. Aos meus irmãos Murilo e Guilherme e cunhada Lilian pelo companheirismo e amizade.

Ao meu namorado, Leopoldo pelo apoio incondicional, me fazendo acreditar que consigo alcançar meus objetivos com carinho, disponibilidade, paciência e compreensão.

A todos meus professores, que contribuíram para meu crescimento profissional, em especial as minhas orientadoras Dr^a Vanessa Medeiros Corneli e Dr^a Morgana Suszek pela oportunidade, confiança, opiniões, sugestões e por contribuírem com uma etapa tão importante da faculdade me auxiliando imensamente para a conclusão deste trabalho.

Aos amigos da UTFPR pelos momentos de alegria e companheirismo vividos juntos. Especialmente aos amigos Pedro Henrique, Rafael Carard e Cássia Mattos, pela contribuição para que esse trabalho fosse possível.

Agradeço pelo companheirismo e apoio de todos meus amigos de Maringá que foram imprescindíveis durante o período de graduação.

E aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

Muito obrigada!

RESUMO

GALVANI, F. N. **Produção de mudas de rúcula utilizando substrato de resíduos do restaurante universitário e de poda de grama da UTFPR - câmpus Campo Mourão**. 2018. f. 47. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

A compostagem propicia um destino útil para os resíduos orgânicos, evitando sua acumulação em aterros. Esse processo tem como resultado final o composto orgânico que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características, sem ocasionar riscos ao meio ambiente. A eficiência do processo de compostagem está diretamente relacionada a fatores que proporcionam condições ótimas para que os microrganismos aeróbios possam se multiplicar e atuar na transformação da matéria orgânica. O conjunto de fatores condicionantes para o bom desenvolvimento de um sistema biologicamente complexo como a compostagem deve ser balizado por uma série de parâmetros, sendo que cada tipo de material a ser compostado exige uma combinação ótima de umidade, aeração, relação C/N, pH e granulometria. Este estudo teve por objetivo avaliar o uso de composto orgânico, obtido a partir de resíduos oriundos do restaurante universitário e de poda de grama da UTFPR – Campo Mourão, na produção de mudas de rúcula, comparando-o a um substrato comercial. Foram coletados resíduos do restaurante universitário e resíduos de poda para montagem da pilha de compostagem. Em seguida efetuou-se a montagem da mesma e se fez o monitoramento do processo. Ao fim do experimento de compostagem foram feitas análises físico-químicas e a avaliação da viabilidade agrônômica no plantio de rúcula. Para avaliar o crescimento das plantas as variáveis agrônômicas de crescimento foram: altura média de plantas, número de folhas, massa da matéria fresca e seca de plantas. Os compostos orgânico e comercial apresentaram valores próximos aos parâmetros analisados. Para todas as variáveis analisadas houve diferença significativa. O composto orgânico apresentou resultados melhores ao substrato comercial, indicando a viabilidade de sua utilização no cultivo de rúcula.

Palavras-chave: Resíduos orgânicos, Compostagem, Rúcula.

ABSTRACT

GALVANI, F. N. **Production of arugula seedlings using substrate of university restaurant waste from university restaurant and grass powder of the UTFPR campus Campo Mourão.** 2018. f. 47. Course Conclusion Work (Bachelor of Environmental Engineering) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

Composting propitiates a useful destination for organic compounds, avoiding to accumulate in embankments. This process results in the organic compound that can be applied to the soil to improve its characteristics, without causing risks to the environment. The efficiency of the composting process is directly related to factors that provide optimum conditions for aerobic microorganisms to multiply and act in the transformation of organic matter. The set of conditioning factors for the good development of a biologically complex system such as composting should be marked by a series of parameters, and each type of material to be composted requires an optimal combination of humidity, aeration, C / N, pH and granulometry. The objective of this study was to evaluate the use of organic compost obtained from residues at the university restaurant and UTFPR - Campo Mourão, in the production of arugula seedlings, comparing it with a commercial substrate. It were collected combings of compounds and pruning compounds to mount compost pile. Then the assembly was carried out and the process was monitored. At the end of the composting experiment, physical-chemical analyzes and agronomic viability evaluation were performed on arugula. To evaluate the growth of the plants the agronomic growth variables were: mean plant height, leaf number, fresh and dry matter mass of plants. The organic and commercial compounds presented values close to the analyzed parameters. There was a significant difference in all variables analyzed. The organic compound presented better results to the commercial substrate, indicating the viability of its use in the cultivation of arugula.

Keywords: Organic combings, Composting, Arugula.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Fases da compostagem..... | 16 |
| Figura 2 - Pilha de compostagem..... | 27 |
| Figura 3 - Composto obtido após 120 dias..... | 28 |
| Figura 4 - Bandeja após 32 dias de semeadura..... | 29 |
| Figura 5 - Temperatura da pilha e do meio no período do experimento..... | 33 |
| Figura 6 - Índice pluviométrico durante o experimento..... | 35 |
| Gráfico 1 - Temperatura da pilha e do meio no período de compostagem. | 33 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Especificação dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos. | 25 |
| Tabela 2 - Características físico-químicas dos resíduos sólidos..... | 31 |
| Tabela 3 - Características físico-químicas dos compostos. | 34 |
| Tabela 4 - Valores médios dos parâmetros analisados para as mudas de rúcula. ... | 37 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 OBJETIVOS | 12 |
| 2.1 Objetivo Geral..... | 12 |
| 2.1 Objetivos Específicos | 12 |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA | 13 |
| 3.1 Gestão de Resíduos Sólidos Orgânicos | 13 |
| 3.2 Compostagem | 14 |
| 3.2.1 Parâmetros de Controle do Processo de Compostagem | 17 |
| 3.2.1.1 Aeração | 17 |
| 3.2.1.2 Temperatura | 18 |
| 3.2.1.3 Umidade | 19 |
| 3.2.1.4 Relação carbono/nitrogênio (C/N) | 20 |
| 3.2.1.5 Potencial hidrogeniônico (pH) | 21 |
| 3.2.1.6 Granulometria do material | 21 |
| 3.3 Aplicação dos Compostos | 22 |
| 3.4 Características Gerais Sobre a Cultura da Rúcula | 23 |
| 3.5 Legislação em Relação ao Uso/Produção de Fertilizantes Orgânicos. | 24 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS | 26 |
| 4.1 Localização da Área | 26 |
| 4.2 Preparo do Local | 26 |
| 4.3 Obtenção e Caracterização dos Resíduos | 26 |
| 4.4 Montagem da Pilha..... | 27 |
| 4.4 Controle de Aeração | 27 |
| 4.5 Controle de Temperatura | 28 |
| 4.6 Análise do Composto Obtido | 28 |
| 4.7 Aplicação do Composto | 29 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 31 |
| 5.1 Caracterização dos Resíduos | 31 |
| 5.2. Compostagem dos Resíduos | 32 |
| 5.3. Caracterização do Composto Obtido e Substrato Comercial | 34 |
| 5.4. Produção de Mudanças de Rúcula | 37 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 39 |
| REFERÊNCIAS | 40 |

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos sempre estiveram presentes na história da humanidade. No entanto, com o crescimento populacional desenfreado e o desenvolvimento de novas tecnologias, tornou-se evidente e nítido o desafio da gestão dos resíduos para essa nova realidade pós-revolução industrial (MILARÉ, 2007).

Quanto à geração de resíduos no país, mais da metade são orgânicos e deste montante somente 4% é reciclado por usinas de compostagem, sendo a maioria delas localizadas na região sul e sudeste (IBGE, 2010). Por este equivalente é possível inferir que dos 62 milhões de toneladas de resíduos gerados pelos brasileiros em 2011, aproximadamente, 37 milhões de toneladas corresponderam aos resíduos orgânicos e que apenas 1,5 milhão de toneladas foram reciclados (ABRELPE, 2013). Além disso, a coleta seletiva praticada no Brasil não enfatiza a separação prévia da fração orgânica dos resíduos (EIGENHEER, 2009).

Como destinação adequada dos resíduos orgânicos está a disposição em aterros sanitários ou a compostagem, sendo esta última prioritária (BRASIL, 2010). Isto, porque a compostagem destes resíduos é a alternativa que permite os maiores benefícios ambientais, pois possibilita a ciclagem de nutrientes, pode melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo e implica na redução das necessidades de se explorar fontes de matéria-prima para a produção de fertilizantes orgânicos (PRIMAVESI, 1979; KIELH, 1985; RAIJ VAN, 1998; MILARÉ, 2007; ABREU JUNIOR, 2010)

Partindo da informação que em média mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados no Brasil são resíduos orgânicos, é fato que destiná-los a compostagem e não ao aterro acarretaria em diversos benefícios como aumentar a vida útil de aterros sanitários e a redução dos possíveis impactos ambientais negativos provenientes da produção do chorume e de gases de efeito estufa.

Brito (2008) afirma que, considerando que a geração de resíduos é por si só um problema, o seu reaproveitamento contribui para aliviar a pressão sobre o meio ambiente, o que reforça a importância da prática da compostagem no atual contexto de consumo exacerbado e conseqüente geração de resíduos em meio ao qual vivemos. Além disso, a compostagem pode ser considerada um importante instrumento no processo de educação ambiental, por estimular a consciência

ecológica e ser embasada na ideia de reaproveitamento de restos alimentares e restos de poda, antes considerados rejeitos.

Diante disso é evidente que o reaproveitamento de resíduos orgânicos com intuito de despoluir o ambiente e criar produtos alternativos para o uso na agricultura é uma medida estratégica do ponto de vista ambiental, sendo economicamente viável e eficiente, visto que sendo usado como insumo na agricultura, reduz o custo de fertilizantes e consiste em melhor opção para esse tipo de resíduo.

O presente estudo teve por objetivo avaliar o processo de compostagem no aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos do restaurante universitário e da poda de grama da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) do câmpus Campo Mourão, para obtenção de composto orgânico e seu uso na produção de mudas de rúcula.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente estudo teve por objetivo avaliar o processo de compostagem no aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos do restaurante universitário e da poda de grama da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) do câmpus Campo Mourão, para obtenção de composto orgânico e seu uso na produção de mudas de rúcula.

2.1 Objetivos Específicos

- Caracterizar os resíduos sólidos orgânicos oriundos do restaurante universitário e de poda de grama no que se refere a parâmetros físico-químicos;
- Montar a pilha de compostagem;
- Monitorar o processo de compostagem a partir de análises de temperatura;
- Caracterizar o composto orgânico final obtido a partir da determinação de parâmetros físico-químicos;
- Avaliar a qualidade agronômica do composto obtido a partir do cultivo de mudas de rúcula.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Para fundamentar teórica e metodologicamente este trabalho, bem como para a discussão dos resultados, foram abordados os seguintes temas: Gestão ambiental e resíduos sólidos orgânicos, compostagem, avaliação do composto, características gerais sobre a cultura da rúcula e a legislação em relação ao uso/produção de fertilizantes orgânicos.

3.1 Gestão de Resíduos Sólidos Orgânicos

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei Nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 (Art. 3º, incisos XIV e XV), rejeitos são resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada. E reciclagem é o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama, segundo a Confederação Nacional de Municípios (BRASIL, 2010).

Logo, processos que promovem a transformação de resíduos orgânicos em adubos e fertilizantes (como a compostagem) também podem ser entendidos como processos de reciclagem. Sendo assim, resíduos orgânicos não devem ser considerados indiscriminadamente como rejeitos, e esforços para promover sua reciclagem devem ser parte das estratégias de gestão de resíduos em qualquer escala (domiciliar, comunitária, institucional, industrial e municipal) (BRASIL, 2010).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010, previu, no art. 36º, inciso V, a necessidade de implantação, pelos titulares dos serviços (MMA, 2017):

“de sistemas de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articulação com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido”. Desta forma, entende-se que a promoção da compostagem da fração orgânica dos resíduos, assim como a implantação da coleta seletiva e da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, faz parte do rol de

obrigações dos municípios instituída pela Lei 12.305/2010. (MMA, 2017).

Uma grande quantidade destes resíduos deixa de ser reciclada e compostada, ocasionando a perda deste potencial de valorização dos resíduos sólidos urbanos, sendo um fator causador de poluição e desperdício de matérias-primas e energia, bem como de perda de oportunidade de desenvolvimento da agricultura e geração de trabalho e renda. (ABREU, 2013). Esta questão reforça o art. 9º da Lei 12.305/2010 que traz como ordem de prioridade na gestão e gerenciamento de resíduos a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

3.2 Compostagem

A palavra “compostagem”, segundo Kiehl (1979) deriva do inglês “*compost*”, e significa adubo orgânico proveniente de restos vegetais e animais, resultante de um processo chamado compostagem, sendo este um processo de transformação de resíduos orgânicos em fertilizante humificado. É uma prática adotada há séculos pelos chineses, e que chegou ao Ocidente através do professor F. H. King, do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, em 1909, e pelas experimentações de Sir Albert Howard, o “pai da compostagem” (VASCONCELOS, 2009).

A compostagem é um processo biológico aeróbio, exotérmico e controlado em que substratos orgânicos são decompostos por meio da ação de microrganismos, com liberação de gás carbônico (CO₂) e vapor de água, produzindo, ao final, um produto estável, rico em matéria orgânica e mais humificado, com propriedades e características diferentes do material que lhe deu origem (KIEHL, 1985; KIEHL, 2004; REIS, 2005).

Kiehl (1985) considera que a matéria orgânica exerce efeitos benéficos sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, contribuindo substancialmente para o crescimento e desenvolvimento das plantas. A adubação através de resíduos orgânicos compostados tem grande importância no cultivo de hortaliças, principalmente em solos de clima tropical, onde a decomposição da matéria orgânica se realiza intensamente.

Segundo Amorim et al. (2005), as estações climáticas, ao longo do ano, têm

influência no desenvolvimento dos processos de compostagem, ocorrendo maiores perdas de carbono e nitrogênio durante o verão e outono, comparadas com inverno e primavera, assim como redução nos teores de massa seca e volume ocupado pelas leiras de compostos.

Em relação aos aspectos sanitários, Pereira Neto (1994) cita que a compostagem tem grande importância para o tratamento de resíduos, por atender a todas as prerrogativas ambientais, como: contribuir para evitar os aspectos estéticos desagradáveis da presença de resíduos no ambiente; absorver qualquer tipo de resíduo orgânico sólido produzido pela sociedade; reciclar nutrientes e energia, contribuindo para a economia dos recursos naturais; não exigir mão-de-obra especializada; requerer pouca energia externa e instalações simples e baratas; ter baixo custo e ser aplicável a qualquer escala operacional, além de produzir um fertilizante de grande aplicabilidade para a agricultura.

Segundo Zucconi e Bertoldi (1987), o processo de compostagem ocorre naturalmente na natureza, no solo de florestas com as folhas que caem das árvores, dejetos e animais em decomposição, e é denominado de degradação de matéria orgânica. O termo compostagem refere-se à mesma decomposição, porém com interferência do homem para a aceleração do processo.

Composto orgânico é o termo dado para o produto da compostagem, estabilizado e higienizado que traz benefícios à produção vegetal. Na prática, significa que a partir de resíduos orgânicos com características desagradáveis (odor, aspecto, contaminação por microrganismos patogênicos, etc.), o processo transforma estes resíduos em composto, que é um insumo agrícola de odor agradável, de fácil manipulação e livre de patógenos (FERNANDES E SILVA, 1996).

O Brasil é considerado um país ideal para o uso deste processo em vista da quantidade de matéria orgânica presente nos resíduos, eventuais problemas quanto a sua disposição inadequada, pela formação de chorume e gases tóxicos, bem como pela necessidade frequente de matéria orgânica nos solos (PEREIRA NETO, 1996).

Por se tratar de um processo biológico, a eficiência da compostagem é determinada pela ação e interação dos microrganismos, que são dependentes da ocorrência de condições favoráveis dos fatores: aeração, temperatura, umidade, relação carbono/nitrogênio (C/N), pH e granulometria do material (BIDONE, 2001).

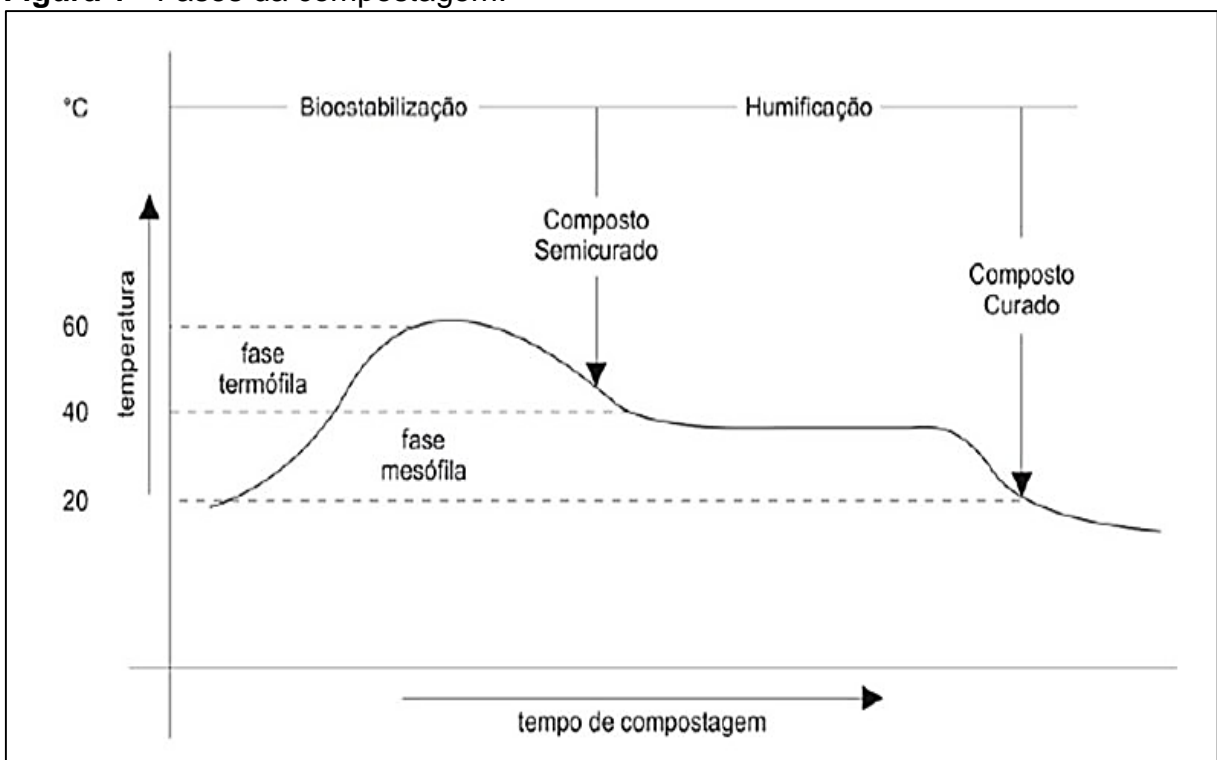
Segundo Kiehl (1998) o processo completo de compostagem envolve três fases (Figura 1): a inicial, de rápida fitotoxicidade ou de composto cru/imaturo, seguida

de uma segunda fase de semi-cura ou bioestabilização, para atingir a terceira fase, de humificação, que é acompanhada da mineralização dos nutrientes da matéria orgânica, quando os nutrientes ficam prontamente disponíveis as espécies vegetais.

Os microrganismos que decompõem a matéria orgânica necessitam de carbono e nitrogênio para seu metabolismo, sendo o tempo necessário para que ocorra a decomposição e a conseqüente mineralização, governado pela relação entre C e N da matéria-prima. O teor de nitrogênio dos resíduos a serem decompostos deve ser de aproximadamente 1,7%, e quanto menor esse valor, maior o tempo de degradação (KIEHL, 1985).

Segundo Fernandes e Silva (1996) para que todo ciclo esteja completo e o composto estável, são necessários aproximadamente de 90 a 120 dias (dependendo da relação C:N do resíduo) após a montagem da leira de compostagem. O resultado é um composto de cor escura e textura turfa, e pode ser utilizado como condicionador de propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, assim como um fertilizante que fornece os nutrientes essenciais para o suprimento de culturas vegetais.

Figura 1 - Fases da compostagem.



Fonte: D'Almeida e Vilhena (2000).

3.2.1 Parâmetros de Controle do Processo de Compostagem

3.2.1.1 Aeração

A aeração é o fator mais importante a ser considerado no processo de decomposição da matéria orgânica (PEIXOTO, 1988). É classificado como o principal mecanismo capaz de evitar altos índices de temperatura durante o processo de compostagem, de aumentar a velocidade de oxidação, de diminuir a liberação de odores e reduzir o excesso de umidade de um material em decomposição (PEREIRA NETO, 1994; KIEHL, 2004).

Segundo Fernandes e Silva (1999) a aeração de uma leira de compostagem é responsável por atender principalmente aos objetivos de: aumentar a porosidade do meio, que passa por compactação natural devido seu próprio peso; diminuir o teor de umidade dos resíduos; expor as camadas externas às temperaturas mais elevadas como também eliminar o calor excessivo do interior da leira, ou seja, controlar a temperatura do processo. Além disso, Kiehl (2004) salienta que na presença de oxigênio livre há ausência de maus odores e o tempo de degradação é mais rápido.

De acordo com a disponibilidade de oxigênio, a compostagem pode ser classificada como aeróbia ou anaeróbia. A compostagem aeróbia corresponde à decomposição dos substratos orgânicos na presença de oxigênio, sendo que os principais produtos do metabolismo biológico são CO₂, H₂O e energia. De outra forma, na compostagem anaeróbia, a decomposição dos substratos orgânicos ocorre na ausência de oxigênio, produzindo CH₄ e CO₂, além de produtos intermediários, como ácidos orgânicos de baixo peso molecular (PEREIRA NETO, 1996; KIEHL, 2004).

Entretanto, quando se busca a compostagem como tratamento de resíduos orgânicos, procura-se oferecer um ambiente aeróbio para que os microrganismos se desenvolvam, diminuindo assim a emissão de odores e de gases causadores do efeito estufa como o metano e o óxido nítrico. Além disso, diferentemente do que ocorre na compostagem anaeróbia, a presença de oxigênio na massa faz com que ocorra uma decomposição mais rápida da matéria orgânica. Costa (2005) afirma que a intensificação dos revolvimentos nas leiras diminui o tempo de compostagem.

As leiras podem ser aeradas por meio de revolvimentos manuais ou mecânicos, fazendo com que as camadas externas se misturem às internas, que estão

em decomposição mais adiantada (KIEHL, 1985; PEREIRA NETO, 1994; SILVA et al., 2001). Richard et al. (2002) afirmam que as concentrações de oxigênio acima de 10% são consideradas ótimas para a manutenção da compostagem em condições de aerobiose.

Segundo pesquisas realizadas por Pereira Neto et al. (1989), o ciclo de revolvimento mais apropriado para as leiras de compostagem é realizado de 3 em 3 dias nos primeiros 30 dias do processo, seguindo-se um reviramento feito com espaço de 6 dias até que sejam registradas temperaturas máximas inferiores a 40°C (fim da primeira fase do processo).

3.2.1.2 Temperatura

A compostagem é caracterizada por ser um processo exotérmico de degradação de resíduos orgânicos, pois gera calor em decorrência da atividade microbiana (KIEHL, 1985). Dessa forma, a temperatura é importante principalmente em relação à rapidez do processo de biodegradação do material e à eliminação dos possíveis patógenos presentes (COSTA et al., 2009).

Segundo Rodrigues et al. (2006) a decomposição inicial é conduzida por microrganismos mesófilos, que utilizam os componentes solúveis e rapidamente degradáveis da matéria orgânica. Sendo assim, como o metabolismo dos microrganismos é exotérmico, parte do calor gerado, durante a oxidação da matéria orgânica, acumula-se no interior da leira (TANG et al. 2004).

A temperatura se eleva de 25°C para 40-45°C, em um período de 2 a 3 dias (KIEHL, 1985). Sendo que quando a temperatura atinge valores acima dos 45°C, a atividade microbiológica mesofílica é suprimida pela implantação de uma comunidade microbiana termofílica (TIQUIA, 2005).

Stentiford et al. (1996), consideram que temperaturas superiores a 55°C, por três dias, são suficientes para sanitizar o composto, já que a máxima diversidade microbiana ocorre para temperaturas entre 35°C e 45°C.

Segundo Peixoto (1988) e Snell (1991), na fase termófila ocorre à máxima decomposição dos compostos orgânicos, sendo considerada uma fase de degradação ativa de polissacarídeos como o amido, a celulose e as proteínas, transformando-os em subprodutos que serão utilizados pela microbiota. A degradação do substrato, por parte dos microrganismos, acarreta a diminuição da relação C/N, que se encontra

entre 15/1 e 18/1, sendo caracterizado como um material bioestabilizado (KIEHL, 2004).

Porém, à medida que os estoques de C são exauridos, a temperatura decresce gradualmente, até igualar-se à temperatura ambiente (VINNERAS; JONSSON, 2002). Nesta fase, surgem novamente as comunidades mesófilas, que irão atuar na humificação do composto (ZUCCONI; BERTOLDI, 1986). Isso acontece através da degradação de compostos mais resistentes como a hemicelulose e a lignina (TUOMELA et al., 2000). Obtendo um produto final com pH variando entre 7,0 e 8,0 e com relação C/N de 10/1 (KIEHL, 1985).

Posto isto, a qualidade de um composto pode ser medida por meio de sua estabilidade e humificação (LIMA, 2006). Conforme Miller (1992), um composto humificado é aquele que não produz efeitos inibitórios ou fitotóxicos às plantas.

3.2.1.3 Umidade

No processo de decomposição da matéria orgânica, a umidade certifica a atividade microbiológica. Isso porque, entre outros fatores, a estrutura dos microrganismos consiste de aproximadamente 90% de água e na produção de novas células, a água precisa ser obtida do meio, no caso, da massa de compostagem. Além disso, todo o nutriente necessário para o desenvolvimento celular precisa ser dissolvido em água, antes de sua assimilação (ALEXANDER, 1977).

A faixa de umidade ótima para se obter um máximo de decomposição está entre 40 a 60%, principalmente durante a fase inicial, pois é necessário que exista um adequado suprimento de água para promover o crescimento dos organismos biológicos envolvidos no processo e para que as reações bioquímicas ocorram adequadamente durante a compostagem (MERKEL, 1981).

Como a compostagem é processo aeróbio, na prática, a umidade ideal deve ser manejada com base na capacidade de aeração da massa de compostagem, ou seja, deve-se observar para características físicas como: porosidade e estrutura do material, sempre objetivando satisfazer a demanda microbiológica por oxigênio (PEREIRA NETO, 1998).

Quando a umidade é excessiva há aglutinação de partículas, o que baixa a resistência estrutural da leira, restringindo sobremaneira a difusão de oxigênio (POINCELOT, 1975; WILLSON et al., 1976). Este fato reduz a temperatura média da

leira (para faixa mesofílica de 20 a 40°C) e a concentração de oxigênio para valores menores que 5% (HUGHES, 1980; POINCELOT, 1975; WILLSON et al., 1976 e DIAZ et al., 1982). Ocorrendo esses problemas, a velocidade de degradação da matéria orgânica diminuirá, e condições anaeróbias se instalarão na massa de compostagem promovendo consequências indesejáveis, tais como: odores, atração de vetores, chorume, etc. (PEREIRA NETO, 1987 e 1996; POINCELOT, 1975 e WILLSON et al., 1976).

Por outro lado, teores de umidade baixos, menores do que 40%, inibem a atividade microbológica, diminuindo a taxa de estabilização (PEREIRA NETO, 1987). Em caso de falta de água, pode-se adicioná-la uniformemente sobre o material em compostagem e em caso de seu excesso, pode-se misturar materiais absorventes, como palhas, camas e serragens ou maravalhas (MARRIEL et al., 1987).

3.2.1.4 Relação carbono/nitrogênio (C/N)

A relação C/N influencia diretamente o desempenho dos micro-organismos envolvidos no processo, determinando a facilidade e velocidade de decomposição dos materiais empregados na compostagem (KIEHL, 1985).

O carbono (C) funciona como fonte de energia, e o Nitrogênio (N) funciona para a formação de proteínas assegurando a multiplicação celular. Esta relação é obtida a partir da mistura entre os restos de alimentos, que são ricos em N e a matéria seca advinda da capinagem da grama, rica em C. Segundo a literatura a relação ideal de entrada é de uma mistura que possibilite uma relação C/N de 30:1. Se a relação for baixa, ocorre a volatilização de N. Se a relação for alta o processo de compostagem torna-se mais lento pela falta de N e não garante a rápida metabolização (FERNANDES; SILVA, 1999).

A compostagem consiste em se criar condições e dispor, em local adequado, as matérias-primas ricas em nutrientes orgânicos e minerais, especialmente, que contenham relação C:N favorável ao metabolismo dos organismos que vão efetuar sua biodigestão, (PEIXOTO, 1981).

Segundo Kiehl (1998) o acompanhamento da relação C:N durante a compostagem permite conhecer o andamento do processo, pois quando o composto atinge a semicura, ou bioestabilização, a relação C:N se situa em torno de 18/1, e quando atinge a maturidade, ou seja transformou-se em produto acabado ou

humificado, a relação C/N se situa em torno de 10/1.

3.2.1.5 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH do composto pode ser indicativo do estado de compostagem dos resíduos orgânicos. Jiménez e Garcia (1989) indicaram que durante as primeiras horas de compostagem, o pH decresce até valores de, aproximadamente, 5.0, e posteriormente, aumenta gradualmente com a evolução do processo de compostagem e estabilização do composto, alcançando, finalmente, valores entre 7 e 8. Assim, valores baixos de pH são indicativos de falta de maturação devido à curta duração do processo ou à ocorrência de processos anaeróbios no interior da pilha em compostagem.

Para Kiehl (1985) o valor do pH, fornece boa informação sobre o estado de decomposição da matéria orgânica que foi submetida a um processo de degradação. Ainda segundo o autor, durante os primeiros dias de compostagem, o composto pode-se tornar mais ácido ainda, devido a formação de pequenas quantidades de ácidos minerais, que logo desaparecem, e dão lugar aos ácidos orgânicos.

3.2.1.6 Granulometria do material

A granulometria é considerada um importante fator para o processo de compostagem.

Granulometria refere-se ao tamanho das partículas dos resíduos a serem compostados e sua importância no processo está em reger o movimento de gases e líquidos na leira (KIEHL, 2004). Quanto menor a partícula, maior a superfície de contato a ser consumida por micro-organismos, o que conseqüentemente facilita a degradação do material. No entanto, partículas diminutas, que em tese seriam de mais rápida degradação, conferem problemas à leira quanto à aeração e à compactação, por impossibilitar a manutenção da porosidade, causando anaerobiose no meio (FERNANDES; SILVA, 1999; INÁCIO et al., 2009).

Segundo Fernandes e Silva (1999) o tamanho das partículas deverá estar entre 25 e 75 mm para um processo mais eficiente.

3.3 Aplicação dos Compostos

O substrato é um dos fatores mais importantes para a germinação das sementes, desenvolvimento de mudas e produtividade da cultura, sendo assim, o uso de um substrato de qualidade promoverá maior adesão e desenvolvimento das mudas no campo (DUARTE et al., 2010).

De acordo com Schimitz et al. (2002) a crescente utilização de compostos orgânicos como substrato na fase de obtenção de mudas reflete a necessidade de práticas agrícolas sustentáveis que minimizem o impacto ambiental, sendo fundamental que se avaliem os substratos adequados ao desenvolvimento de cada cultura.

A riqueza de um adubo orgânico em nutrientes depende do material de origem e o processo de produção. Os adubos orgânicos, além de fornecerem nutrientes se destacam por seu significativo papel, isto é, pelo fornecimento de matéria orgânica visando melhorar as propriedades físicas e biológicas do solo. Neste caso, o efeito é o de condicionador do solo considerando-se a matéria orgânica um produto que melhora os atributos físicos do solo (RAIJ, 1991).

Existem substratos orgânicos e minerais, quimicamente ativos ou inertes. Os materiais orgânicos são originados de resíduos vegetais, quando em condições favoráveis sofrem decomposição e, por isso, são mais ou menos quimicamente ativos devido aos sítios de troca iônica. Os substratos minerais são quimicamente inativos ou inertes, com exceção de alguns materiais que possuem alta capacidade de troca de cátions, como a vermiculita (ZORZETO 2011).

O substrato deve promover a sustentação e retenção de água em quantidades suficientes e necessárias, oxigênio e nutrientes e oferecer pH adequado para o desenvolvimento das mudas, baixos teores de elementos químicos que podem ser tóxicos e boa condutividade elétrica (GUERRINI; TRIGUEIRO, 2004).

As características químicas do substrato são essenciais e específicas para o metabolismo das plantas, promovendo função estrutural; onde estes fazem parte da estrutura de compostos orgânicos vital para as plantas, como constituinte enzimático ou como ativador enzimático, podendo ser ativador ou inibidor de sistemas enzimáticos, o que afeta a velocidade de reações metabólicas dos vegetais (MARSCHNER, 2005).

Para a produção de substratos pode-se utilizar materiais alternativos, de fácil

disponibilidade e de baixo custo, beneficiando a reciclagem de nutrientes e melhorando a produtividade da cultura empregada, tornando o sistema agrícola mais sustentável (BRAGA et al. 2008).

3.4 Características Gerais Sobre a Cultura da Rúcula

A rúcula é originária da região Mediterrânea, conhecida desde a antiguidade, como uma hortaliça. Seu primeiro registro data do século I, encontrado no herbário grego escrito por Dioscórides (MORALES; JANICK, 2002).

Foi introduzida no Brasil por imigrantes italianos, pelos quais ainda é apreciada. A rúcula pertence à família das Brassicaceae, existindo três espécies que são utilizadas no consumo humano: *Eruca sativa* Miller, que possui ciclo de crescimento anual, *Diplotaxistenuifolia* (L.) DC. e *Diplotaxismuralis* (L.) DC., ambas perenes (PIGNONE, 1997).

No Brasil, a espécie mais cultivada é *Eruca sativa* Miller, representada principalmente pelas cultivares Cultivada e Folha Larga. Porém, também se encontram cultivos em menor escala da espécie *Diplotaxistenuifolia* (L.) DC., conhecida como rúcula Selvática. Em cultivos comerciais, a rúcula é colhida de uma só vez, arrancando-se as plantas inteiras com folhas e raízes. Porém, ela pode ser colhida diversas vezes, cortando-se as folhas sempre acima da gema apical, onde haverá rebrota, possibilitando um novo corte (MINAMI; TESSARIOLI NETO, 1998).

Segundo Trani et al. (1992) para o bom desenvolvimento da planta, com produção de folhas grandes e tenras, existe a necessidade de temperaturas entre 15 a 18° C, sendo que a melhor época de plantio ocorre de março a julho (outono/inverno). Os autores também ressaltam que a produção fica prejudicada quando ocorrem temperaturas elevadas, sendo que as folhas acabam ficando menores e lignificadas, tornando-se impróprias para a comercialização.

No entanto, Filgueira (2008) afirma que apesar da rúcula produzir melhor sob temperaturas amenas, ela tem sido cultivada ao longo do ano em diversas regiões brasileiras. Este resultado é comprovado por Gusmão (2003) que cultivando rúcula nas condições de Belém, PA, sob alta temperatura e umidade do ar, verificou um desenvolvimento normal comparável ao de regiões de temperaturas amenas.

Purquerio e Goto (2005) relatam que em regiões com verão chuvoso, a rúcula tem decréscimo na sua produção, pois o impacto das gotas de chuva nas folhas e na

solo causa danos às plantas, afetando seu desenvolvimento e influenciando na qualidade do produto.

A colheita da rúcula é feita de 30 a 40 dias após a sementeira. Após esse período, as folhas começam a ficar fibrosas e impróprias para o consumo, pois a planta começa seu estágio reprodutivo. Este termina aproximadamente entre os 110 e 130 dias após sementeira, quando tem início a colheita das sementes, que pode durar cerca de 20 dias (TRANI et al., 1992; MINAMI; TESSARIOLI NETO, 1998).

3.5 Legislação em Relação ao Uso/Produção de Fertilizantes Orgânicos.

A aproximação da temperatura do composto à temperatura ambiente é um indicativo do equilíbrio microbiológico. Porém, não pode ser utilizada como único parâmetro na verificação de maturidade do composto, devendo ser associados outros parâmetros, pois a decomposição da parcela orgânica depende da origem e da composição da mistura inicial compostada (VALENTE et al., 2009).

Para a produção de fertilizantes orgânicos de qualidade, a maturação se torna uma fase fundamental, pois o uso de um composto não apropriadamente maturado poderá ocasionar uma poluição difusa ao plantio com a liberação de amônia no solo, a qual pode danificar as raízes das culturas; e, a produção de toxinas que inibem a germinação de sementes e o crescimento das plantas (PEREIRA NETO, 2007).

Como o adubo orgânico não é um produto único, podendo sua qualidade variar de acordo com os resíduos orgânicos e os processos empregados, a criação de uma lei específica deve ser regulamentada (VALENTE et al., 2009).

No Brasil, o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), juntamente com a Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) criou a Instrução Normativa SDA no 25, de 23 de Julho de 2009, que 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.

Os fertilizantes orgânicos são enquadrados nas seguintes classes: A, B, C e D. No art. 7º, inciso I, ressalta-se que, para os produtos sólidos, as garantias serão, no mínimo, os valores que são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Especificação dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos.

| GARANTIA | Misto/Composto (estado sólido) | | | |
|------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|
| | Classe A | Classe B | Classe C | Classe D |
| Umidade (máx) | 50 | 50 | 50 | 70 |
| pH (mín) | 6 | 6 | 6,5 | 6 |
| N total (mín) | | | 0,5 | |
| C orgânico (mín) | | | 15 | |
| Relação C/N | | | 20 | |

Fonte: MAPA (2009).

Segundo a Instrução Normativa N^o. 23 de 31/08/2005 – MAPA os fertilizantes orgânicos são classificados conforme as classes abaixo:

Classe “A”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não sejam utilizados, no processo, metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos, potencialmente tóxicos, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

Classe “B”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria, onde metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são utilizados no processo, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

Classe “C”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

Classe “D”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento desenvolvido neste trabalho foi dividido em quatro etapas. Na primeira realizou-se a caracterização dos resíduos sólidos orgânicos oriundos do restaurante universitário e de grama no que se refere a parâmetros físico-químicos. Na segunda etapa desenvolveu-se o processo de compostagem e seu monitoramento a partir de análises físico-químicas. Na terceira efetuou-se a caracterização do composto final obtido. E na última etapa avaliou-se a qualidade agronômica dos compostos a partir do cultivo de mudas de rúcula.

4.1 Localização da Área

O processo de compostagem foi executado atrás do Restaurante Universitário, ao lado do projeto de compostagem, nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Campo Mourão.

4.2 Preparo do Local

O solo do local onde foi montada a pilha de compostagem foi devidamente limpo com a remoção da cobertura vegetal. O terreno escolhido apresentava uma leve inclinação para que a água da chuva não permanecesse depositada no mesmo.

4.3 Obtenção e Caracterização dos Resíduos

Para a montagem da pilha de compostagem, foram utilizados resíduos sólidos orgânicos do preparo de alimentos gerados no restaurante universitário, sendo eles cascas de legumes, frutas, folhas de verduras, cascas de ovo e resíduos oriundos da poda de grama das dependências da UTFPR câmpus Campo Mourão no período de uma semana.

Os resíduos do restaurante universitário foram coletados em sacos plásticos e os oriundos da poda foram transportados até o local do experimento por colaboradores da terceirizada responsável pelo serviço de poda no câmpus.

Para a caracterização dos resíduos foram realizadas análises no laboratório

de Saneamento da UTFPR, em relação aos parâmetros físico-químicos como pH, teores de Carbono Total, Nitrogênio Total e relação C/N. As análises foram desenvolvidas segundo metodologia de Tedesco et al. (1995) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1999).

4.4 Montagem da Pilha

No dia 16 de Outubro de 2017 efetuou-se a montagem da pilha de compostagem adotando-se o formato cônico para evitar o excesso de umidade proveniente das chuvas (Figura 2). A pilha foi construída com 48 kg de resíduos sólidos orgânicos oriundos do Restaurante Universitário e 16 kg de resíduos de poda de grama.

Figura 2 - Pilha de compostagem



Fonte: Autoria própria.

4.4 Controle de Aeração

O processo de aeração da pilha foi realizado através do revolvimento manual com auxílio de um garfo curvo. O ciclo de revolvimento da compostagem se deu a cada 3 dias, de acordo com recomendação de Pereira Neto (1996).

4.5 Controle de Temperatura

A temperatura da pilha de compostagem foi monitorada diariamente com o auxílio de um termômetro digital. As medições foram realizadas em três pontos: base, centro e topo da pilha. Foi considerada também a temperatura ambiente do local, procurando realizar a leitura sempre às 15h00.

4.6 Análise do Composto Obtido

Após 90 dias de compostagem, realizaram-se análises físico-químicas de redução de volume e massa, pH, teores de Carbono Total, Nitrogênio Total, relação C/N, Potássio e Fósforo, afim de caracterizar a qualidade do composto obtido para posterior aplicação no cultivo de mudas de rúcula. As análises foram desenvolvidas segundo metodologia de Tedesco et al. (1995) e EMBRAPA (1999).

Figura 3 - Composto obtido após 90 dias.



Fonte: Autoria própria.

4.7 Aplicação do Composto

Aplicou-se o composto obtido no cultivo de mudas de rúcula, de modo a avaliar a viabilidade agrônômica. Estabeleceu-se um delineamento experimental inteiramente casualizado com dois tratamentos e 100 repetições por tratamento, sendo os tratamentos: substrato comercial e composto orgânico.

Realizou-se a caracterização dos substratos, a partir de análises de pH, teores de Carbono Total, Nitrogênio Total, relação C/N, Fósforo e Potássio conforme metodologias de Tedesco et al. (1995) e EMBRAPA (1999).

Em seguida efetuou-se o plantio onde foram utilizadas sementes de rúcula *Eruca sativa Miller*, em bandeja própria para semeadura contendo o substrato de acordo com o tratamento considerado.

Após 32 dias a bandeja (Figura 8) foi transferida para o Laboratório de Solos da UTFPR – câmpus Campo Mourão, para determinação das variáveis: AP - altura média de plantas (cm), NF – número de folhas, MF - massa da matéria fresca de plantas (g) e MS - massa da matéria seca de plantas (g).

Figura 4 - Bandeja após 32 dias de semeadura.



Fonte: Autoria própria.

A contagem do NF efetuou-se partindo-se das folhas basais até a última aberta, de forma manual e direta. A AP foi determinada medindo-se do colo da planta até a extremidade mais alta, utilizando-se uma régua graduada. O sistema radicular e a parte aérea das plantas foram pesados em balança analítica para determinação da MF, passando então por secagem em estufa a 55°C até peso constante para posterior determinação da MS, por pesagem em balança analítica.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, comparando-se as médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, a partir do programa computacional SASM-Agri.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização dos Resíduos

Os resultados obtidos na caracterização dos resíduos sólidos orgânicos do restaurante universitário (RU) e de poda de grama utilizados no experimento são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Características físico-químicas dos resíduos sólidos

| Parâmetro | Resíduos sólidos | |
|-------------|------------------|---------------|
| | Orgânicos do RU | Poda de grama |
| Umidade (%) | 88,22 | 6,54 |
| MO (%) | 97,08 | 84,22 |
| C/N | 18,13/1 | 18,31/1 |
| C (%) | 53,93 | 46,79 |
| N (%) | 2,98 | 2,56 |

Fonte: Autoria própria.

Conforme a Tabela 2, notam-se as relações de C/N. Além disso, é possível observar que o resíduo orgânico do RU apresenta valores superiores na maioria dos parâmetros, justamente pela diversidade de constituintes nos resíduos.

Benito et al. (2006) trabalhando com compostagem de resíduos de podas, verificaram que a relação C/N variou entre 22/1 e 48/1. Entretanto, Gorgati (2001) pesquisando a compostagem com a fração orgânica do lixo urbano do município de São Lourenço da Serra/SP, verificou que independente das relações C/N iniciais dos materiais coletados na primavera, no verão, no outono e no inverno serem, respectivamente, 10/1, 13/1, 17/1 e 14/1, a relação C/N média foi de 11/1 para as leiras descobertas.

A relação C/N inicial considerada ótima para o desenvolvimento da compostagem encontra-se entre 25 e 35/1. Para o composto estabilizado, esta relação deve estar entre os valores 8/1 e 12/1 (KIEHL, 2010). Na prática, estudos realizados com diferentes fontes de dejetos e resíduos da produção animal e vegetal apresentam uma variação grande na relação C/N inicial, de 5/1 até 513/1, indicando ser possível a ocorrência da compostagem mesmo em valores fora da faixa de relação ótima. Neste sentido, a prática demonstra que não é possível determinar um valor absoluto para relação C/N inicial (VALENTE et al., 2009). Dessa forma como observado na Tabela 2, a relação C/N mesmo fora da relação ótima para ocorrência de

compostagem se mostra possível na prática do experimento.

Como esperado, para a umidade, os valores dos resíduos orgânicos do RU, apresentou-se superior ao de poda de grama, devido as composições, tal como o observado por Silva (2007).

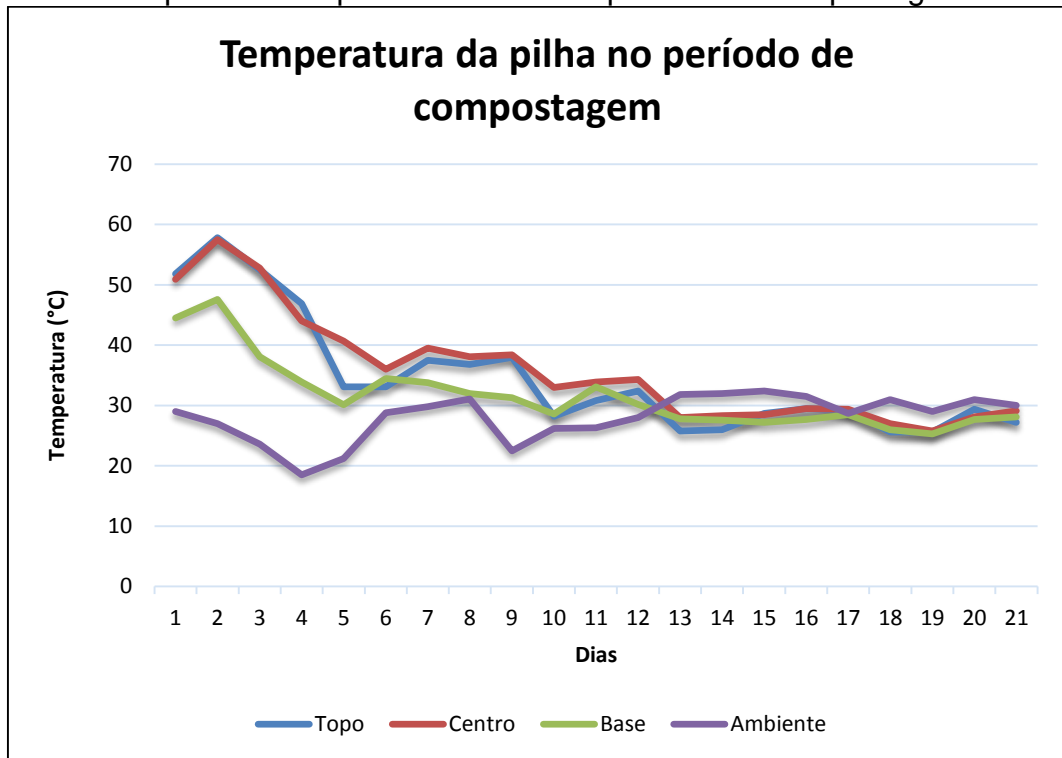
5.2. Compostagem dos Resíduos

A temperatura é um fator importante no processo de compostagem, podendo influenciar na qualidade final do composto formado. A temperatura é também um fator indicativo do equilíbrio biológico, sendo de fácil monitoramento e refletindo na eficiência do processo. A compostagem ocorre tanto em temperatura termofílica (45 a 85°C) como mesofílica (25 a 43°C) (KIEHL, 1998). As variações de temperatura na pilha estão apresentadas nas figuras 10 e 11.

A primeira fase começou após a montagem da pilha, quando os micro-organismos começaram a se desenvolver, sendo conhecida como mesófila, onde as temperaturas começaram a aumentar. A temperatura da pilha aumentou nos seus dois primeiros dias atingindo 58°C, caracterizando como a fase termófila. A partir do oitavo dia de compostagem, as temperaturas decresceram a valores mesófilos, abaixo de 45°C, até se aproximarem da temperatura ambiente, indicando o término da fase de degradação ativa e o início da fase de maturação.

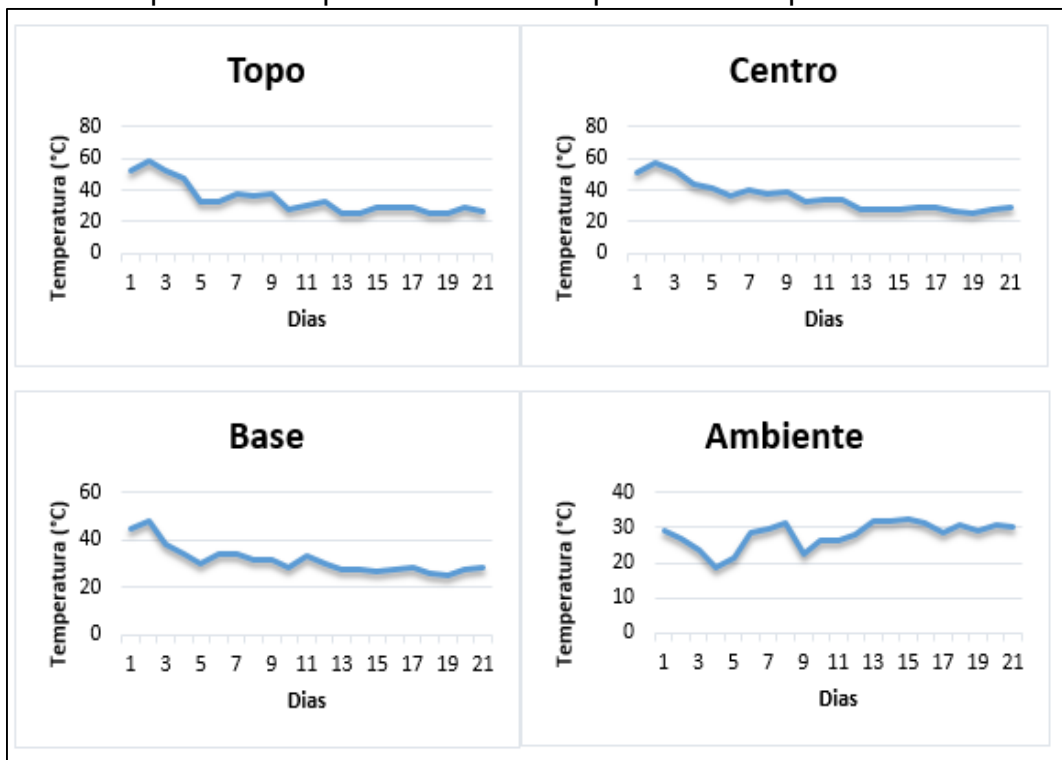
A temperatura da pilha alcançou a medida ambiente aos 17 dias de compostagem, devido ao elevado índice pluviométrico (Gráfico 1), chegando a última fase do experimento em um curto período de tempo. A última fase da compostagem é a de maturação ou cura, que segundo Kiehl (1998), é o estágio final da degradação quando o composto adquire as propriedades e aspectos desejáveis.

Gráfico 1 - Temperatura da pilha e do meio no período de compostagem.



Fonte: Autoria própria.

Figura 5 - Temperatura da pilha e do meio no período do experimento.



Fonte: Autoria própria.

5.3. Caracterização do Composto Obtido e Substrato Comercial

A caracterização dos compostos inicial, final e comercial, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Características físico-químicas dos compostos.

| Parâmetro | Composto | | |
|-------------|----------|---------|-----------|
| | Inicial | Final | Comercial |
| Umidade (%) | 65,18 | 40,32 | 41,21 |
| MO(%) | 80,00 | 54,37 | 74,39 |
| C (%) | 44,44 | 30,21 | 41,33 |
| N (%) | 1,26 | 0,77 | 0,38 |
| C/N | 35,27 | 39,23 | 109,84 |
| pH | 6,48 | 6,55 | 6,35 |
| K (%) | 0,0948 | 0,09979 | 0,12146 |
| P (%) | 0,01247 | 0,01895 | 0,01242 |

Fonte: Autoria própria.

Alguns valores dos parâmetros analisados para os materiais utilizados na montagem da pilha de compostagem, assemelham-se aos observados na literatura. Entretanto, deve-se levar em consideração a heterogeneidade dos resíduos e situações como: a região onde foram coletados, a época do ano, fatores climáticos e metodologias de análises, que podem interferir nos resultados.

As concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio apresentadas pelo composto orgânico final, foram relativamente pequenas, quando comparadas com alguns valores da literatura. Além de refletirem a composição inicial dos materiais compostados, as concentrações destes elementos variam em função das perdas que ocorrem na massa de compostagem, e que são ocasionadas pelas características intrínsecas do processo, como a lixiviação decorrida da elevada quantidade de chuvas.

Segundo Costa et al. (2005), a relação entre carbono e nitrogênio (C/N) é um indicativo da velocidade na decomposição da matéria orgânica de resíduo vegetal, sendo que quanto maior a proporção de carbono em relação ao nitrogênio, mais lenta será a decomposição do material. Ocorre que nem toda matéria orgânica disponível, após compostada será um adubo orgânico eficiente. Isso dependerá dos teores de nutrientes das matérias primas usadas, na produção do composto (MIYASAKA et al., 1997).

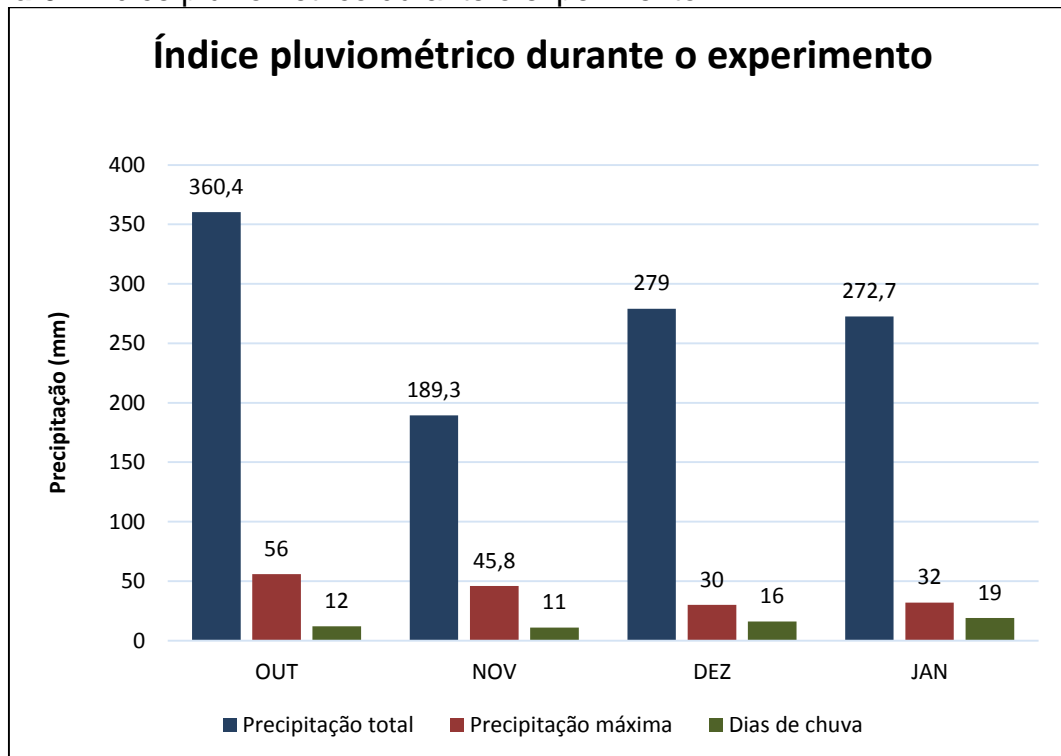
Durante o processo de compostagem houve decréscimo na quantidade de nitrogênio na pilha, observando-se um valor inferior no composto final quando comparado aos valores dos materiais iniciais. As perdas de nitrogênio podem ocorrer devido a volatilização da amônia (principalmente durante os revolvimentos) e também por lixiviação (PAILLAT et al., 2005; BERNAL et al., 2009).

Segundo Silva (2002), dentre os nutrientes, o nitrogênio é o que apresenta maior variabilidade em seu conteúdo e o que menos se conserva no solo, sendo também o elemento que mais facilmente se perde por volatilização ou lavagem.

É possível verificar que os valores de pH, nitrogênio total, carbono total e relação C/N atenderam aos limites estipulados para fertilizantes orgânicos. Percebe-se que as quantidades de macronutrientes (N, P e K) dos compostos finais encontram-se dentro dos limites. Sendo possível atestar que o composto final estava maturado.

Quanto a umidade final do composto, os valores obtidos estão acima dos sugeridos por Kiehl (1985), entre 25 e 35%. Porém, os valores obtidos no presente trabalho, são justificáveis, uma vez que durante todo o processo, a pilha de compostagem ficou exposta ao tempo, e sujeita à elevados índices de precipitação decorrentes na região (Figura 6).

Figura 6 - Índice pluviométrico durante o experimento.



Fonte: Instituto das Águas do Paraná (2018).

Segundo Barreira (2005) e Valente et al. (2009) elevados teores de umidade precisam ser evitados durante a compostagem. O excesso de umidade faz com que os poros no interior da matriz sólida passem a ser preenchidos com água livre. A matéria orgânica decomposta, que apresenta caráter hidrofílico, adere moléculas de água à superfície, saturando os seus micro e macroporos, impedindo, assim, a difusão de oxigênio e propiciando condições anaeróbias. Esta ocorrência pode ser percebida pela exalação de odores característicos, como, por exemplo, o gás sulfídrico (H₂S).

Entretanto, teores de umidade inferiores a 40% também devem ser evitados, uma vez que podem fazer com que a atividade biológica seja reduzida, retardando o desenvolvimento do processo (et al., 2009). Quando a umidade estiver baixa, é necessário fazer a irrigação da leira, de preferência no momento do revolvimento para que a água seja distribuída por igual (MASSUKADO, 2008).

Em relação ao pH, mesmo encontrando valores de pH abaixo de 7, como no presente trabalho, o composto que apresentar um pH na faixa superior a 6, tem a capacidade de liberar nutrientes para a maioria das plantas (MELO; SILVA; DIAS, 2008; PAVINATO; ROSOLEM, 2008).

Kiehl (1985) comenta que o pH fornece informações sobre o estado de decomposição da matéria orgânica, onde a matéria-prima crua tem reação ácida; quando neutra ou quase neutra, o composto está estabilizado, assim, o composto humificado apresentará obrigatoriamente reação alcalina.

Segundo o MAPA – Instrução Normativa nº 25, de 23/07/2009 (BRASIL, 2009) – o valor de pH mínimo aceitável para a comercialização de composto no Brasil é igual a 6,0. Deste modo, para o parâmetro pH, o tratamento deste estudo atende tal legislação.

O teor de matéria orgânica apresentou redução durante o experimento de compostagem, devido à degradação microbiológica e à própria estabilização dos resíduos orgânicos. Jahnel et al. (1999), estudando o processo de compostagem aeróbia de resíduos sólidos urbanos, observaram que foram necessários 52 dias para a bioestabilização da matéria orgânica, haja vista, o composto apresentar significativa redução da matéria orgânica.

Segundo a Instrução Normativa Nº. 23 de 31/08/2005 - MAPA, que classifica os fertilizantes orgânicos em simples, mistos, compostos e organominerais, de acordo com as matérias-primas utilizadas na sua produção, os fertilizantes orgânicos obtidos no experimento de compostagem são classificados como fertilizante orgânico

composto Classe “C”, ou seja, fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

5.4. Produção de Mudanças de Rúcula

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados das análises de desenvolvimento agrônomo das mudas de rúcula,

Tabela 4 - Valores médios dos parâmetros analisados para as mudas de rúcula.

| SUBSTRATO | PARÂMETRO | | | |
|-----------|-----------|--------|--------|--------|
| | AP (cm) | NF | MF (g) | MS (g) |
| Orgânico | 5,69 b | 4,62 b | 0,16 b | 0,01 b |
| Comercial | 4,66 a | 3,99 a | 0,12 a | 0,02 a |

AP: altura de plantas; NF: número de folhas; MF: massa da matéria fresca de plantas; MS: massa da matéria seca de plantas. Para AP, NF e MF: médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey. Para MS: médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Kruskal-Wallis.

Através da análise de variância para Altura da planta (AP) e número de folhas (NF), os dados apresentaram normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de significância. As médias apresentaram diferenças significativas, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

O uso do composto orgânico apresentou melhor resultado, comprovando os resultados obtidos por Medeiros et al. (2008), onde o composto orgânico resultou em maior comprimento da parte aérea de mudas de alface em comparação ao substrato comercial.

Em análise a massa fresca da planta (MF), os dados não apresentaram normalidade e passaram pela transformação de Box-Cox. As médias entre os tratamentos apresentaram diferenças significativas, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Por último analisando a massa seca da planta (MS), os dados não apresentaram normalidade nem mesmo após diferentes transformações, assim foi utilizada a análise não-paramétrica de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de significância. As médias apresentaram diferenças entre os tratamentos.

Em todas as avaliações, o uso do composto orgânico demonstrou diferença significativa em relação ao substrato comercial.

De forma geral, foram observados bons resultados em relação à utilização do composto orgânico na produção de mudas de rúcula, e assim, demonstrando-se como indicativo da possibilidade de substituição aos substratos comercializados, além de ser uma alternativa de reaproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos.

Oliveira et al (2010) destaca em trabalho com adubação orgânica e mineral com diferentes arranjos espaciais entre as culturas da alface e rúcula em cultivo consorciado e solteiro, que a rúcula tanto em consorcio com a alface quando cultivada solteira, apresenta melhores desempenhos produtivos com adubação orgânica, possuindo maior altura e acúmulo de matéria seca de parte aérea.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de compostagem dos resíduos gerados no restaurante universitário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Campo Mourão e dos resíduos oriundos da poda de grama do câmpus, sugerido no presente trabalho, mostrou-se uma boa alternativa de tratamento para os mesmos.

O uso da compostagem no aproveitamento de resíduos do RU e de poda de grama foi satisfatório em relação à expectativa que se tinha sobre à aplicação da compostagem na produção de rúcula. Além disso, o composto orgânico obtido apresentou resultados melhores ou similares ao substrato comercial.

Certamente, os resultados obtidos foram reflexos da composição físico-química dos resíduos do RU com os resíduos de poda de grama, desse modo, este adubo é viável para a produção de rúcula, nas condições em que este experimento foi efetuado.

Comparando os compostos orgânico e comercial, foram observados valores próximos em relação aos parâmetros analisados. Para todas as variáveis que foram utilizadas para avaliar as mudas de rúcula houve diferença significativa. O composto orgânico apresentou resultados melhores do que o substrato comercial, quando avaliado o cultivo de rúcula, indicando a viabilidade de sua utilização.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>> Acesso em: 09 out. 2017.

_____. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013**. 2013. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2013.pdf>> Acesso em: 25 de Set. de 2017.

ABREU JUNIOR, C. H.; BINCOLETTO, L. F.; TROMBETA, ANDRÉ, L. B. **O uso do composto de lixo urbano na agricultura: vantagens e limitações**. São Paulo: Notesalq., p. 4-8, 2010.

ABREU, M. J. **Gestão comunitária de resíduos orgânicos: o caso do projeto revolução dos baldinhos (PRB), capital social e agricultura urbana**. 2013. Dissertação (Mestrado Profissional) — Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 1977. 467 p.

BARREIRA, L. P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção**. 2005. 204 f. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

BENITO, M. A., MASAGUER, A.; MOLINER, R. de A. *Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability*. **Bioresource Technol**, v. 97, p. 2071 – 2076, 2006.

BIDONE, F. R. A. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: Eliminação e valorização**. Rio de Janeiro: FINEP - PROSAB, 2001.

BRAGA, M. M.; CÔRREA, M. C. M.; OLIVEIRA, C. H. A.; OLIVEIRA, O. R.; PINTO, C. M. Propriedades químicas de substrato produzido com resíduo orgânico da indústria processadora de caju. In: VI Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas: materiais regionais como substrato, 6., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008.

BRASIL. Lei no 12305, 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. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 ago. 2010b. Disponível em: Acesso em: 18 set. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. **Instrução normativa Nº 23**. 31 de agosto de 2005. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2004a, 18 p.

Brito, M. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Tiradentes, Aracaju, 2008.

CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM – Agri - Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v.1, n. 2, p.18 - 24. 2001.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Relatório das reuniões do GT Compostagem 2017**. 2017. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/8BF1C37E/Relatorio_GTCompostagem.pdf> Acesso em: 09 out. 2017.

COSTA, M. S. S. de M.; COSTA, L. A. de M.; DECARLI, L. D.; PELÁ, A.; SILVA, C. J. da; MATTER, U. F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.1, p.100 - 107, 2009.

COSTA, M. M. S.; COSTA, L. A.; SESTAK, M. Compostagem de resíduos da indústria de desfibrilização de algodão. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 540-548, 2005.

DIAZ, L. F.; TREZEK, G. J.; SAVAGE, G. M., “**Preparation of MSW for Composting**”. Emmaus, PA: The J.G. Press, p. 95-106, 1982.

EIGENHEER, E. M. **Lixo: A limpeza urbana através dos tempos**. Porto Alegre: Elsevier, Campus, 2009. p 139.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGRÍCOLA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**.1 ed. Brasília: Embrapa - Comunicação para transferência de tecnologia,1999.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **Manual prático para compostagem de bio sólidos**. Rio de Janeiro: FINEP – PROSAB, p. 92, 1999.

FERNANDES, F.; SILVA, S.M.C.P. **Manual prático para a compostagem de bio sólidos**, Londrina: PROSAB - Programa de pesquisa em saneamento básico, Universidade Estadual de Londrina, 1996.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Ed. UFV, 2008. 402 p.

GONÇALVES, M. S.; FACCHI, D. P.; BRANDÃO, M.; BAUER, M.; PARIS JUNIOR, O. Produção de mudas de alface e couve utilizando composto proveniente de resíduos agroindustriais. **Rev. Bras. de Agroecologia**, p. 216 – 224, 2014. ISSN 1980-9735.

GORGATI, C.Q. 2001. **Resíduos sólidos urbanos em áreas de proteção aos mananciais - município de São Lourenço da Serra - SP: compostagem e impacto ambiental.** Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 70 p., 2001.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R.M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 1069 - 1076, 2004.

HUGHES, E. G. "The Composting of Municipal Wastes". In: **Handbook of Organic Waste Conversion**, BEWICK, M. W. M. New York: Van Nostrand Reinhold, Env. Engrs. Series, p. 108- 134,1980.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** 2000. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/lixo_coletado/lixo_coletado109.shtm>. Acesso em: 17 mar. 2018.

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

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. **Relatório de Alturas Diárias de Precipitação.** Disponível em: <<http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sih-web/gerarRelatorioAlturasDiariasPrecipitacao.do?action=carregarInterfacelInicial>> Acesso em: 10 abr. 2018.

JAHNEL, M. C.; MELLONI, C.; ELKE, J. B. N. Maturidade de composto de lixo urbano. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, p. 301 - 304, 1999.

JIMÉNEZ, E. I.; GARCÍA, V. P. **Instituto de Productos Naturales y Agrobiología de Canarias CSIC, Avda.** Francisco Sanchez 3, 38206 La Laguna, Tenerife, Canary Islands, Spain .Accepted 4 July 1991. Available online 24 June 2003.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: Maturação e qualidade do composto.** Piracicaba: E. J. Kiehl., 1998.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: Maturação e qualidade do composto.** 4ª ed. Piracicaba: E. J. Kiehl., 173 p., 2004.

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

KIEHL, E. J. **Manual da compostagem: Maturação e qualidade do composto.** 4ª ed. Piracicaba, 173p. 2004.

LIMA, C.C. de. **Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral.** 2006. 167 f. Tese (Doutorado em Ciências) — Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Gestão de Resíduos Orgânicos. 2017. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-org%C3%A2nicos>> Acesso em: 08 jun. 2018.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa no 25, 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. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 jul. 2009.

MARRIEL, I. E.; KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, H. L. Tratamento e utilização de resíduos orgânicos. Informe **agropecuário**, v. 13, n. 147, p. 24 - 36, 1987.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 6 ed. London: Academic Press, 2005.

MASSUKADO, L.M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. 2008. 204 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) — Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

MEDEIROS, D. C.; FREITAS, K. C. S.; VERAS, F.S.; ANJOS, R. S. B.; BORGES, R. D.; CAVALCANTE NETO, J. G.; NUNES, G. H. S.; FERREIRA, H. A. Qualidade de mudas de alface em função de substratos com e sem biofertilizante. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, p.186- 189, 2008.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, B. O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 101 -110, 2008.

MERCKEL, A. J. **Managing livestock wastyes**. Westport: Avi Publishing Company, 1981.

MILARÉ, É. **Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco**. 5 ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2007.

MILLER, F.C. **Composting as a process base don the control of ecologically selective factors**. 1992. In: **Soil Microb. Ecol**. New York: MEETING, F.B., p. 515-543.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J. **A cultura da rúcula**. Piracicaba: UNESP, 1998. p. 19.

MORALES, M.; JANICK, J. *Arugula: a promising specialty leaf vegetable*. 2002. In: J. JANICK, J.; WHIPKEY, A. **Trends in new crops and new uses**. Alexandria: ASHS Press, p. 418 - 423, 2002.

MIYASAKA, S.; NAKAMURA, Y.; OKAMOTO, H. **Agricultura natural**. 2. ed. Cuiabá: SEBRAE-MT, 1997. 73p. (Coleção agroindústria)

OLIVEIRA, E. Q.; SOUZA, R. J.; CRUZ, M. C. M.; MARQUES, V. B.; FRANÇA, A. C.; Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 36 - 40, 2010.

PAILLAT, J. M., ROBIN, P., HASSOUNA, M., LETERME, P. *Predicting ammonia and carbon dioxide emissions from carbon and nitrogen biodegradability during animal waste composting*. **Atmospheric Environment**, Amsterdã, v. 39, p. 6833–6842, 2005.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 911 - 920, 2008.

PEIXOTO, J. O. Destinação final de resíduos, nem sempre uma opção econômica. **Engenharia Sanitária**, v. 27, n. 1, p. 15-18, 1981.

PEIXOTO, R. T. dos. G. **Compostagem**: Opção para o manejo orgânico do solo. Londrina: IAPAR, 1988, 46 p.

PEREIRA NETO, J. T.; **Manual de compostagem**: Processo de baixo custo. UFV. 2007.

PEREIRA NETO, J. T. **Lixo urbano no brasil**: Descaso, poluição irreversível e mortalidade infantil. Ação Ambiental - Universidade Federal de Viçosa, p. 8 - 11. 1998.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem**. 1 ed. Belo Horizonte: UNICEF, 1996, 56 p.

PEREIRA NETO, J. T. Tratamento, reciclagem e impacto ambiental de dejetos agrícolas. In: Conferência sobre Agricultura e Meio Ambiente, 1, 1992, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV – NEPEMA, 1994. p. 154-159.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem**: Processo de baixo custo. Viçosa: UFV, 81 p., 2007.

PIGNONE, D. *Present status of rocket genetic resources and conservation activities*. In: PADULOSI, S.; PIGNONE, D. **Rocket: A Mediterranean crop for the world**. Workshop Legnaro (Padova): Rome: *International Plant Genetic Resources Institute*, p. 51 - 66. 1997.

POINCELOT. *“The Biochemistry and Methodology of Composting”*. **Com. Agr. Exp. Sta. Bull.** v. 754, 38 p., 1975

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 1979. 549 p. RAIJ, B. V. Uso agrícola de biossólido. In: I Seminário

sobre Gerenciamento de Biossólidos do Mercosul, 1, 1998. Curitiba. **Anais...**
Curitiba: SANEPAR - ABES, 1998. p.147-151.

PROSAB - Programa de Pesquisas em Saneamento Básico. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. Universidade Estadual de Londrina, 91 p., 1999.
Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/Livro20Compostagem.pdf>>.
Acesso em 09 de Out. de 2017

PURQUERIO, L. F. V.; GOTO, R. Doses de nitrogênio em cobertura via fertirrigação e espaçamento entre plantas sobre a cultura da rúcula, em campo e ambiente protegido. In: Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas, 5, 2005, Porto. **Anais...**
Porto: Actas Portuguesas de Horticultura, 2005. p. 3-4.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1991. 328p

REIS, M. F. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. 2005. 239 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005.

RICHARD, T.; TRAUTMANN, N.; KRANSNY, M.; FREDENBURG, S.; STUART, C. **The science and engineering of composting**. The Cornell composting website, Cornell University. 2002. Disponível em: <http://www.compost.css.cornell.edu/composting_homepage.html>. Acesso em: 08 jun. 2018.

RODRIGUES, M.S.; SILVA, F. C.; BARREIRA, L. P.; KOVACS, A. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: SPADOTTO, C.A.; RIBEIRO, W. **Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria**. FEPAF. Botucatu, p. 63 – 94, 2006.

SANTOS, R. H. S. **Crescimento, produção e qualidade de alface (*Lactuca sativa*) cultivada com composto orgânico**. 1993. 114 f. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Viçosa, 1993.

SEIFFERT, N.F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. In: Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola, Concórdia, 2000. **Anais ...**
Concórdia, SC. p. 1 – 20, 2000.

SILVA, C.D.; COSTA, L.M.; MATOS, A.T.; CECON, P.R.; SILVA, D. D. Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 487- 491, 2002.

SILVA, M.S., L.A. COSTA, M. SESTAK, D. OLIBONE, A.V. KAUFMANN, S.R. ROTTA e R. SESTAK. 2001. Monitoramento da temperatura em dois sistemas de compostagem (com e sem aeração forçada) de resíduos sólidos da indústria de

desfibrilação de algodão com diferentes tipos de inóculo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 30, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. Cascavel. CD ROM

SNELL, J.R. Role of temperature in garbage composting. 1991. In: ***The biocycle guide to the art & science of composting***. J.G. Press. Emmaus. p. 224-256.

STENTIFORD, E. I.; PEREIRA NETO, J. T.; MARA, D. D. ***Diversity of composting system***. University of Leeds, 1996.

TANG, J-C.; KANAMORI, T.; INOUE, Y.; YASUTA, T.; YOSHIDA, S.; KATAYAMA, A. *Changes in the microbial community structure during thermophilic composting of manure as detected by quinone profile method*. ***Process Biochem.*** v. 39, p. 1999-2006, 2004.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995.

TIQUIA, S.M. *Microbiological parameters as indicators of compost maturity*. ***J. Appl. Microbiol.***, v. 99, p. 816 – 828, 2005.

TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, R. S. **Cultura da rúcula**. Campinas: IAC, p. 8, 1992 (IAC. Boletim Técnico, 146).

TUOMELA, M.; M. VIKMAN; A. HATAKKA. ***Biodegradation of lignin in a compost environment: a review***. ***Bioresource Technol***, v. 72, p.169 – 183, 2000.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM, B. de S. Jr.; CABRERA, B. R.; MORAES, P de O.; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. ***Archivos de Zootecnia***. v. 58. p. 60 - 76, 2009.

VINNERAS, B.; JONSSON, H. *Thermal composting of faecal matter as treatment and possible disinfection method - Laboratory scale and pilot-scale studies*. ***Bioresource Technol.***, v. 84, p. 275 - 282, 2002.

WILLSON, G. B.; EPSTEIN, E.; PARR, J. R. “Recent advances in compost technology”. 1976. In: ***Sludge management, disposal and utilization***, Information Transfer. Inc. Rockville, MD., p. 167.,

ZORZETO, T. Q. **Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do morangueiro (*Fragaria ananassa* Duch.)**. 2011. 109 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical – Gestão de Recursos Agroambientais) — Instituto Agrônômico, Campinas. 2011.

ZUCCONI, F.; BERTOLDI, M. *Organic waste stabilization throughout composting and its compatibility with agricultural uses*. 1986. In: **Wise, D.L. Global bioconversions**.

CRC Press. Boca Raton. p. 109-137.

ZUCCONI, F.; BERTOLDI, M. *Composts specifications for the production and Characterization of composts from municipal solid waste. 1987. In **Compost: production, quality and use.** Elsevier Applied Science, London, 30 - 50 p.*