

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

MAICO CHIARELOTTO
VAGNER FRANCO MONZANI

**EFICIÊNCIA DE COMPOSTOS DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NO CRESCIMENTO
DE ESPÉCIES ARBÓREAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FRANCISCO BELTRÃO
2015

MAICO CHIARELOTTO
VAGNER FRANCO MONZANI

**EFICIÊNCIA DE COMPOSTOS DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NO CRESCIMENTO
DE ESPÉCIES ARBÓREAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Profa. MSc. Priscila Conceição Ribeiro

Coorientadora: Profa. MSc. Denise Andréia Szymczak

FRANCISCO BELTRÃO
2015

Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Francisco Beltrão

Curso de Engenharia Ambiental

TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC2

**EFICIÊNCIA DE COMPOSTOS DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NO
CRESCIMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS**

por

MAICO CHIARELOTTO E VAGNER FRANCO MONZANI

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 10 horas, do dia 27 de novembro de 2015, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Marcelo Bortoli

Coordenador do Curso de Engenharia
Ambiental

Prof. MSc. Priscila Conceição Ribeiro

Professor Orientador

Prof. MSc. Naimara Vieira do Prado

Membro da Banca

Prof. MSc. Denise Andréia Szymczak

Professor Co-orientador

Prof. MSc. Denise Andréia Szymczak

Professor do TCC2

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.”

AGRADECIMENTO

A Deus por me ter dado saúde e força para superar qualquer tipo de dificuldade.

Aos meus pais Luiz Claudinei Monzani e Sandra Regina Rós Franco Monzani e meus irmãos Alessandra, Luiz Eduardo e Leonardo pelo amor dado e também por oferecer incentivo e apoio emocional.

Ao meu irmão de graduação e companheiro de projeto Maico Chiarelotto, por sempre ter se dedicado sem medir esforços para o sucesso deste trabalho.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão, pela oportunidade de realizar o curso de graduação.

À minha orientadora Priscila Conceição Ribeiro, que se mostrou não apenas como professora, mas também como amiga e nos ofereceu suporte técnico-científico, incentivo para a execução deste projeto e pelas suas correções.

À co-orientadora Denise Andréia Szymczak, pelo suporte técnico-científico e incentivo para a execução do projeto.

À Professora Naimara Vieira do Prado, pelo suporte técnico-científico e incentivo para a execução do projeto.

Ao Professor Rodrigo Lingnau, por disponibilizar o paquímetro que auxiliou nas análises fitomorfológicas.

Ao Senhor João e demais funcionários do Viveiro Municipal de Francisco Beltrão, por conceder espaço físico, sementes e todo o suporte necessário para a produção e desenvolvimento das mudas.

A SANEPAR, Prefeitura de Francisco Beltrão e gestores do Restaurante Universitário por disponibilizar os resíduos utilizados no projeto.

Aos meus amigos Ícaro Alves, Willian Felipe do Prado, Juan Camilo Pires Salcedo Restrepo, Bianca Oliveira, Lucas Gustavo Grosso, Bruno Henrique Tuchlinowicz, Regiane Strapazon, Elis Suzane Antes, Rafaela Zanella Puchale e Andriele da Mota Duarte, que sempre fizeram parte de nossa formação, nos apoiando e incentivando e com certeza continuarão presentes em nossas vidas.

Vagner Franco Monzani

AGRADECIMENTO

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Ao meu pai Mário Chiarelotto, minha mãe Adiles Chiarelotto e minha irmã Marilete Chiarelotto pelo amor, incentivo e apoio emocional.

À Tainá Angela Scolari, pelo amor, companheirismo, incentivo e apoio em momentos difíceis, obrigado por fazer parte da minha vida!

Ao meu grande amigo e companheiro de projeto Vagner Franco Monzani, por ter desenvolvido este trabalho ao meu lado, por todo o conhecimento repassado e pela grande amizade construída ao longo desses 5 anos.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão, pela oportunidade de realizar o curso de graduação.

À Professora Priscila Conceição Ribeiro, que se mostrou não apenas como orientadora, mas também como amiga e ofereceu suporte técnico-científico, incentivo para a execução deste projeto e pelas suas correções.

À Professora Denise Andréia Szymczak, pela co-orientação, pelo suporte técnico-científico e incentivo para a execução do projeto.

À Professora Naimara Vieira do Prado, pelo suporte técnico-científico e incentivo para a execução do projeto.

Ao Professor Rodrigo Lingnau, por disponibilizar o paquímetro, auxiliando nas análises fitomorfológicas.

Ao Senhor João e demais funcionários do Viveiro Municipal de Francisco Beltrão, por conceder espaço físico, sementes e todo o suporte necessário para a produção e desenvolvimento das mudas.

A SANEPAR, Prefeitura de Francisco Beltrão e gestores do Restaurante Universitário por disponibilizar os resíduos utilizados no projeto.

Aos amigos Ícaro Alves, Willian Felipe do Prado, Juan Camilo Pires Salcedo Restrepo, Bianca Oliveira, Lucas Gustavo Grosso, Bruno Henrique Tuchlinowicz, Regiane Strapazzon e Elis Suzane Antes, que sempre fizeram parte de minha formação, apoiando e incentivando e com certeza continuarão presentes em minha vida!

Maico Chiarelotto

RESUMO

CHIARELOTTO, Maico; MONZANI, Vagner, F. Eficiência de compostos de resíduos orgânicos no crescimento de espécies arbóreas. 2015. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2015.

O crescimento acelerado da população causou, entre outros problemas, a pressão por recursos naturais para a produção de bens de consumo e o aumento na geração de resíduos sólidos em todo o mundo. Diante da situação, a melhor alternativa para solucionar esta problemática é a promoção do correto gerenciamento dos resíduos, considerados erroneamente como inservíveis, destacando-se a importância da etapa de tratamento, capaz de reinseri-los na linha produtiva, reduzindo a demanda por matéria-prima bruta. Considerando-se que significativa parcela dos resíduos gerados no Brasil constitui-se de matéria orgânica, a técnica de tratamento compostagem ganha extrema relevância, uma vez que produz um composto estabilizado, passível de utilização como substrato para produção de mudas. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo tratar três tipos de resíduos orgânicos, lodo proveniente de estação de tratamento de esgoto, poda de árvores provenientes da manutenção de arborização urbana, ambos do município de Francisco Beltrão – PR, e restos de alimentos gerados no restaurante universitário Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão (UTFPR – FB), e, utilizar o material estabilizado na produção de duas espécies arbóreas, *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr (Pau-jacaré) e *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Angico-vermelho). A compostagem, realizada na área experimental da UTFPR – FB, foi monitorada por meio dos parâmetros pH, teor de água, temperatura e teor de sólidos voláteis. Após o tratamento, os compostos foram avaliados quanto, ao potencial para produção de mudas das espécies já citadas. Para essa produção utilizou-se três tratamentos, S_c: substrato comercial, L_e: 50% de substrato comercial e 50% do composto produzido com resíduos de lodo de esgoto e R_u: 50% de substrato comercial e 50% do composto produzido com resíduos o Restaurante Universitário. Para acompanhamento das mudas, verificou-se as características fitomorfológicas comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CA), diâmetro do coleto (DC), massa seca da raiz (MR), massa seca da parte aérea (MA) e número de folhas (NF). Verificando os valores médios de todos os parâmetros fitomorfológicos analisados, observa-se que para espécie *Parapiptadenia rigida*, os tratamentos L_e e R_u apresentaram melhor desenvolvimento no parâmetro CA com 30 dias após o plantio. Para o restante dos parâmetros o desenvolvimento da espécie nos três tratamentos foi estatisticamente igual. Observa-se que para espécie *Piptadenia gonoacantha*, o tratamento L_e apresentou melhor desenvolvimento se comparado com os tratamentos S_c e R_u. Foi possível concluir que no tratamento L_e as espécies apresentaram melhor desenvolvimento se comparado com os outros tratamentos.

Palavras-chave: Compostagem. Lodo de esgoto. Restaurante universitário. Produção de mudas.

ABSTRACT

CHIARELOTTO, Maico; MONZANI, Vagner, F. Efficiency of waste organic compounds on the growth of tree species. 2015. 56 f. Final Project - Environmental Engineering, Federal University of Technology Paraná. Francisco Beltrão, 2015.

The accelerated growth of the population caused, among other problems, the pressure for natural resources for the production of consumer goods and the increase on the generation of solid residues worldwide. Facing this situation, the best alternative to solve this problem is to promote the correct management of the residues, considered wrongly as unserviceable, standing out the importance of the treatment stage, that is capable of reinsert them in the production line, reducing the demand for raw material. Considering that a large portion of the residues generated in Brazil consists of organic matter, the composting treatment technique gained extremely importance, since it produces a stabilized compound, capable of use as substrate for the production of seedlings. In this context, this paper aims to treat three types of organic residues, sludge from sewage treatment plant and the tree pruning from urban tree maintenance, both from the county of Francisco Beltrão - PR, and to use the stabilized material in the production of two tree species, *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr and *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. The composting, conducted in the experimental area of UTFPR-FB, was monitored through pH parameters, water content, temperature, volatile solids content. After treatment, the compounds were evaluated as well as the potential for the production of seedlings of the species already mentioned. For this production, were used three treatments, S_c: commercial substrate, L_e: 50 % of commercial substrate and 50 % of the compound produced with sewage sludge and R_u: 50% of commercial substrate and 50% of the compound produced using the waste from the University Restaurant. For the monitoring of the seedlings, it was found the phytomorphologic characteristics, root length (CR), shoot length (CA), stem diameter (DC), root dry mass (MR), dry mass of shoots (MA) and number of leaves (NF). Checking the average value of all Phytomorphologics parameters analyzed, we are able to observe that for *Parapiptadenia rigida* species, the treatment L_e and R_u, shows better development in the CA parameter to 30 days after planting. For the rest of the parameters the development of the species in the three treatments was statistically the same. It is observed that for species *Piptadenia gonoacantha*, the treatment L_e showed better development compared to the S_c and R_u treatments. We were able to concluded that in the treatment L_e species showed better development compared with other treatments.

Keywords: Composting. Sewage sludge. University restaurant. Production of seedlings.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	11
3.2 COMPOSTAGEM COMO TRATAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS.....	12
3.3 RESÍDUOS COMPOSTÁVEIS	15
3.4 PRODUÇÃO DE MUDAS.....	18
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1 COMPOSTAGEM.....	22
4.1.1 Montagem e monitoramento das pilhas.....	22
4.2 PRODUÇÃO DE MUDAS.....	29
4.2.1 Utilização do composto como substrato	29
4.2.3 Análise dos parâmetros fitomorfológicos.....	31
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1 COMPOSTAGEM.....	35
5.1.1 Teor de água	35
5.1.2 Teor de sólidos voláteis.....	37
5.1.3 pH.....	38
5.1.4 Temperatura.....	39
5.2 ANÁLISES FITOMORFOLÓGICAS	40
5.2.1 <i>Parapiptadenia rigida</i>	40
5.2.2 <i>Piptadenia gonoacantha</i>	42
6 CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
APÊNDICE	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pilhas de compostagem A, B e C com resíduo lodo de esgoto.....	23
Figura 2: Pilhas de compostagem D, E e F com resíduos provenientes de restos de alimentos.....	24
Figura 3: Pilhas de compostagem cobertas por lonas.....	24
Figura 4: Reviramento da pilha em compostagem.....	25
Figura 5: Aferição do pH.....	26
Figura 6: Amostras para determinação do teor de água.....	26
Figura 7: Amostras após estufa.....	27
Figura 8: Amostra sendo triturada.....	27
Figura 9: Amostra para determinação do teor de sólidos fixos.....	28
Figura 10: Homogeneização dos compostos.....	29
Figura 11: Plantio das sementes.....	30
Figura 12: Raleamento das mudas.....	31
Figura 13: Comprimento da parte aérea.....	32
Figura 14: Determinação do diâmetro do coleto.....	32
Figura 15: Comprimento do sistema radicular.....	33
Figura 16: Actinomicetos na da pilha de compostagem do tratamento R _u	35

1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento econômico e demográfico, intensificado a partir do século XX, se estabeleceu no mundo uma crise ambiental provocada por ações antrópicas. Além do desmatamento descontrolado, emissões de gases na atmosfera e poluição dos corpos hídricos, a grande geração de resíduos e seu incorreto gerenciamento contribuem para o estabelecimento dessa crise.

Destaque deve ser dado ao gerenciamento de resíduos sólidos, uma vez que, no Brasil, não é realizado de maneira eficiente, causando uma série de impactos negativos ao meio. De acordo com a Lei Federal 12.305, de 02 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, todos os resíduos deveriam ser coletados, transportados a um tratamento adequado e, posteriormente, dispostos em áreas ambientalmente apropriadas.

A correta execução das etapas contribui para a diminuição dos impactos ambientais, tais como consumo dos recursos naturais, uma vez que os resíduos retornam à produção de novos bens; diminuição da atração de vetores, pois tais resíduos não ficam expostos no ambiente; e diminuição da demanda por áreas destinadas à construção de aterros sanitários, devido à redução de resíduos encaminhados.

Sobre a responsabilidade da gestão, essa deve ser realizada por uma ação integrada entre o poder público, a sociedade em geral e o setor empresarial, buscando sempre o desenvolvimento sustentável por meio de ações que visam o tratamento, tanto de resíduos recicláveis, como orgânicos.

Dentre as técnicas de tratamento de resíduos orgânicos, a compostagem é uma alternativa viável econômica e ambientalmente, pois apresenta vantagens, como pequeno uso de energia externa, flexibilidade operacional, obtenção de composto estabilizado rico em nutrientes e redução do volume final de rejeitos.

Apesar de todas as vantagens, a técnica ainda é pouco difundida, em especial, pela falta de conhecimento acerca do potencial agrícola do produto final, que pode ser empregado, mediante análise prévia, como substrato para produção de mudas de uma vasta quantidade de espécies arbóreas, barateando os custos da produção vegetal.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Obter compostos estáveis por meio do processo de compostagem, avaliando sua qualidade no desenvolvimento das espécies *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr e *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, conhecidas popularmente como pau-jacaré e angico-vermelho, respectivamente.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter um composto por meio da compostagem dos resíduos orgânicos lodo de esgoto, restos de alimentos e podas de árvores;
- Monitorar o processo de compostagem por meio dos parâmetros físico-químicos pH, teor de água, temperatura e teor de sólidos voláteis;
- Desenvolver mudas de espécies arbóreas *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr e *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan utilizando substrato comercial e os compostos;
- Comparar os parâmetros fitomorfológicos comprimento de raiz, comprimento da parte aérea, diâmetro do coleto, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea e número de folhas entre os indivíduos de mesma espécie produzidos nos diferentes substratos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Desde o princípio da civilização, o homem tem consigo o hábito de descartar materiais que julga inúteis onde quer que esteja. Este fato agravou-se a partir da Revolução Industrial, quando o aumento da população, o processo migratório para centros urbanos, o aumento do poder aquisitivo e a mudança do perfil de consumo ocasionaram grande geração de resíduos sólidos (GUERRA, 2012).

Devido ao aumento na geração de bens manufaturados, a quantidade de material descartado também cresceu, ocasionando um descontrole no gerenciamento dos resíduos, contribuindo diretamente para a degradação ambiental. Dentre os principais impactos negativos causados estão a contaminação da água, do solo e do ar em decorrência dos componentes tóxicos presentes nos resíduos ou oriundos de sua decomposição, causando consequentes danos aos ecossistemas, principalmente ao ecossistema urbano (GUERRA, 2012).

Como forma de minimizar os impactos negativos provocados pelos resíduos sólidos, no Brasil, em 02 de agosto de 2010, foi sancionada a Lei Federal 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, tendo como principais objetivos a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental e garantir o completo e efetivo gerenciamento dos resíduos.

O correto gerenciamento de resíduos sólidos consiste nas etapas de geração, incluindo ações voltada para não geração e redução; reutilização, reciclagem, tratamento, bem como disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010). Para que a aplicação de todas as etapas seja eficiente, é necessário o envolvimento da sociedade civil, sociedade privada e órgãos da administração pública.

Segundo a lei, para todos os atores envolvidos, a principal meta do gerenciamento de resíduos sólidos é promover ações visando reciclar ou tratar a maior quantidade possível de resíduos, reduzido o montante disposto em aterros, minimizando, consequentemente, os impactos ambientais decorrentes dessas obras.

Contudo, observa-se que os investimentos no Brasil ainda concentram-se no tratamento de resíduos recicláveis, excluindo-se os orgânicos (INÁCIO; MILLER, 2009). Este fato pode ser verificado na Lei Federal 12.305, maximizando o incentivo à implantação de processos de tratamento de resíduos recicláveis, omitindo referências aos métodos de tratamento de resíduos orgânicos.

Segundo Inácio e Miller (2009), a técnica mais eficiente para a equalização da problemática dos resíduos orgânicos é a compostagem, técnica que, apesar de simples e barata, ainda não é difundida no Brasil, onde apenas 1,6 % de todo o resíduo orgânico coletado é submetido ao processo (IPEA, 2012).

3.2 COMPOSTAGEM COMO TRATAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

A Instrução Normativa nº 46, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, de 6 de outubro de 2011, define compostagem como conjunto de processos químicos, físicos, físico-químicos ou ainda bioquímicos, tendo por objetivo acelerar a decomposição da matéria orgânica, gerando um material estável, podendo ser enriquecido com minerais ou agentes capazes de melhorar suas características.

Segundo Peixoto (1988), esta técnica de tratamento é simples, possui grande importância econômica e ambiental, uma vez que gera empregos, reciclando resíduos orgânicos que seriam dispostos em aterros e agrega valor ao composto final, que pode ser utilizado como substrato para produção de espécies vegetais.

No processo de compostagem, três métodos se destacam. Primeiramente, o sistema de leiras revolvidas, consistindo na disposição dos resíduos em leiras ou pilhas, que são periodicamente revolvidas para promoção da aeração, homogeneização do material em tratamento e ajuste do teor de água da mistura (FERNANDES; SILVA, 1999).

Outro método é o de leiras aeradas, no qual o material a ser compostado deve ser colocado sobre tubos perfurados, conectados a um mecanismo que forneça oxigênio. Neste sistema, a pilha ficará estática até o término da compostagem, salvo para ajuste do teor de água (FERNANDES; SILVA, 1999).

As técnicas apresentadas acima são usualmente realizadas ao ar livre, diferentemente do que ocorre no terceiro método, os reatores biológicos, que consistem em sistemas fechados de compostagem. Este procedimento, apesar de mais oneroso, possui como vantagem um controle mais efetivo dos parâmetros interferentes do processo (FERNANDES; SILVA, 1999).

Independente da técnica utilizada para a produção do composto final, alguns parâmetros devem ser monitorados durante o processo de compostagem, sendo eles granulometria, teor de água, pH, relação carbono-nitrogênio (C/N), teor de sólidos voláteis e temperatura.

A granulometria adequada, ou o tamanho das partículas, garantem a homogeneização da massa em tratamento, maior capacidade de aeração, menor compactação, aumento da área superficial para degradação e menor tempo para o processo de estabilização (PEREIRA NETO, 2007). É recomendado que os tamanhos das partículas estejam entre 0,3 e 1,5 centímetros (INÁCIO; MILLER, 2009).

Quanto ao teor de água, definido por Inácio e Miller (2009), como a quantidade de água presente no composto, este parâmetro é fundamental para a vida microbiana, devendo ser mantida entre 40% e 65%.

Valores inferiores a 40% resultam em um retardo na atividade microbiana, diminuindo a velocidade de degradação; enquanto que valores acima de 65% limitam a difusão de oxigênio, uma vez que a água ocupa os espaços vazios da massa em tratamento, resultando em ambientes anaeróbios (FERNANDES; SILVA, 1999).

Além do ajuste inicial do teor de água, esse parâmetro necessita ser monitorado, uma vez que varia devido a incidência solar, temperatura do ambiente, precipitação, além da formação e consumo de água em decorrência da atividade metabólica (INÁCIO; MILLER, 2009).

O pH é outro parâmetro que também deve ser monitorado pois, na fase inicial do processo, seu valor influencia na dinâmica microbiana, fazendo com que os diferentes microrganismos se adaptem, e tenham desenvolvimento eficiente em valores distintos de pH (INÁCIO; MILLER, 2009).

Segundo Pereira Neto (2007), a faixa de pH considerada ideal para o início do processo de compostagem está entre 6,5 e 8,0, porém, de acordo com Valente et al. (2009), não há problemas caso a massa em compostagem apresente baixos

valores de pH no início do processo, pois durante o tratamento ocorrerão inúmeras reações químicas, regulando este parâmetro.

Segundo Inácio e Miller (2009), resíduos com valores de pH acima de 8,0 também podem ser tratados por compostagem, tendo como exemplo o lodo de esgoto posterior à adição de calcário, que apresenta pH próximo de 12.

A relação C/N também é importante para uma eficiente degradação da massa de resíduos, que, de acordo com Fernandes e Silva (1999), são nutrientes essenciais para a vida microbiana, sendo o carbono responsável pelo fornecimento de energia e o nitrogênio pela síntese celular. A relação entre esses nutrientes influi diretamente no processo de compostagem, acelerando ou retardando a decomposição do composto.

Os resíduos a serem compostados devem apresentar uma relação entre carbono e nitrogênio inicial em torno de 30, podendo variar entre 20 e 70, conforme a degradação da massa de compostagem (VALENTE *et al.*, 2009). Se a relação C/N apresentar valores muito baixos, poderá ocorrer a perda de nitrogênio por meio da volatilização da amônia. Se esta relação for muito elevada, o desenvolvimento dos microrganismos será limitado pela insuficiência de nitrogênio para a síntese de proteínas, fazendo com que a decomposição do material orgânico seja mais lenta (CONCEIÇÃO, 2012).

Por ser importante para determinação do grau de degradação da matéria orgânica, o teor de sólidos voláteis é outro parâmetro a ser monitorado. Sua redução em cerca de 50% do seu valor inicial indica o ponto final do processo de degradação (FERNANDES; SILVA, 1999).

Segundo Pereira Neto (2007), o procedimento laboratorial para o monitoramento deste parâmetro é simples, porém muito significativo. Inicialmente o valor é de aproximadamente 80% e, caso o processo seja eficiente, este valor será reduzido para aproximadamente 40%.

Outro fator monitorado é a temperatura, pois é um parâmetro que representa o equilíbrio microbiológico, sendo proporcionado pela relação entre fatores como teor de água, aeração, granulometria e relação C/N (VALENTE *et al.*, 2009). Seu monitoramento é de fácil realização, refletindo a eficiência do processo de degradação dos resíduos.

Para verificar a eficiência do processo, já no terceiro dia após a montagem das pilhas de compostagem, a temperatura deve estar entre 45 e 60 °C, iniciando

assim a chamada fase termofílica. Caso estes valores não sejam alcançados, é sinal que um ou mais parâmetros não estão atendendo aos limites recomendados (FERNANDES; SILVA, 1999).

Na fase final do processo de compostagem, fase mesofílica, as temperaturas variam entre 25 e 45 °C. Ao final dessa fase, o composto será considerado maturado, apresentando temperatura próxima à do ambiente (CONCEIÇÃO, 2012).

A variação dos fatores supracitados está diretamente relacionada aos diferentes resíduos orgânicos tratáveis pelo processo de compostagem. Destacam-se as palhas e cascas provenientes do beneficiamento de grãos, esterco de criações de animais, sobras de alimentos provenientes de restaurantes e residências, restos da manutenção de áreas verdes, como poda de árvores, além de lodos de esgoto gerados nas estações de tratamento (INÁCIO; MILLER, 2009).

3.3 RESÍDUOS COMPOSTÁVEIS

Dentre os resíduos compostáveis, o lodo gerado em estações de tratamento de esgotos (ETE) é formado pela matéria orgânica contida nas águas residuárias, removida na superfície do sistema de flotação e no fundo dos tanques de decantação (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

Com intenção de atenuar algumas características existentes no lodo bruto, é realizado um pré-tratamento ainda na ETE, os principais procedimentos são adensamento e desidratação para diminuir o teor de água e o volume; estabilização, onde é removida parte da carga de matéria orgânica; e higienização, que visa reduzir a contaminação por organismos patogênicos (VON SPERLING, 2005).

Posterior a esses procedimentos, o destino final deste resíduo que, de acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 10.004, de 30 de novembro de 2004 é classificado como perigoso, por apresentar patogenicidade e, de acordo com a Lei Federal 12.305, classificado como resíduo do serviço público de saneamento básico, ainda é de responsabilidade dos gestores da estação de tratamento. Contudo, em parcela significativa das ETE's brasileiras o descarte desse material é realizado de maneira incorreta, tornando-se um problema ambiental (BETTIOL; CAMARGO, 2006).

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2008, no Brasil, apenas 15,5% do lodo gerado pelo processo de tratamento de esgoto é reaproveitado.

Jordão e Pessôa (2005) afirmam que esse material pode ser disposto em aterros sanitários, encaminhado para incineração, aplicado para usos agrícolas e reutilizado na indústria, desde que não apresente características patogênicas. E, segundo Fernandes, Pierro e Yamamoto (1993), a compostagem é uma alternativa viável para o tratamento do lodo de esgoto, uma vez que é eficiente, se bem conduzida, na remoção de patógenos, produzindo um composto estabilizado.

De acordo com Bettioli e Camargo (2006), a utilização de composto obtido a partir do lodo de esgoto auxilia na incorporação de nutrientes no solo, como nitrogênio, fósforo, zinco, cobre e ferro, dispensando a aplicação de fertilizantes químicos.

No estudo realizado por Júlio e Primo (2009), foi avaliado o potencial da implantação do processo de compostagem de resíduos sólidos gerados na estação de tratamento de efluentes em uma indústria de alimentos do município de Ponta Grossa, no estado do Paraná, os materiais encaminhados para o tratamento foram lodo da estação, resíduo do refeitório, resíduo proveniente de poda e capina e cinzas da caldeira. Com o estudo, os autores observaram que é possível a implantação do processo de compostagem para tratar tais materiais e os investimentos financeiros para a implantação concentram-se na construção da unidade de compostagem e na mão de obra.

Outros resíduos que podem ser utilizados no processo de compostagem são os restos de alimentos provenientes de restaurantes, dado o aumento gradativo de refeições rápidas, os restaurantes surgem como uma alternativa, acarretando no aumento da quantidade de resíduos gerados por esses estabelecimentos (OLIVEIRA; GONÇALVES; ZILLER, 2012).

Os resíduos gerados nestes estabelecimentos são guardanapos, embalagens de alimentos e bebidas industrializadas e restos de alimentos que, segundo a NBR 10.004, são classificados em resíduos classe II, não perigosos e, de acordo com a Lei Federal 12.305, de 02 de agosto de 2010, classificados como resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços.

Os resíduos recicláveis, provenientes desses estabelecimentos, podem ser encaminhados para associações de catadores ou empresas de reciclagem, e os

resíduos orgânicos podem ser tratados por meio da compostagem. Contudo, em sua maioria, esses materiais ainda são destinados aos aterros sanitários, contribuindo para a diminuição da vida útil dessas áreas (AMARAL *et al.*, 2014).

Considerando-se um eficiente processo de compostagem, é necessária a realização de uma segregação de resíduos apropriada, na qual são retirados os materiais inorgânicos ou tóxicos. Recomenda-se que esta segregação seja executada na origem da geração dos resíduos, diminuindo a mão de obra demandada (BILCK *et al.*, 2009).

A implantação de um projeto de reciclagem de resíduos orgânicos em restaurantes, em especial os universitários, auxilia na divulgação à população sobre a problemática da geração de resíduo e suas possíveis soluções. Considerando que a principal função social das universidades é a formação de profissionais, estes auxiliarão na divulgação do conhecimento da técnica para toda a sociedade (MENEZES; SANTOS; LEME, 2002).

Segundo Bilck *et al.* (2009), o processo de compostagem de resíduos sólidos orgânicos gerados em restaurantes é uma técnica pouco praticada, necessitando de mais estudos e elaboração de projetos adequados. Este déficit ocorre devido à falta de incentivos, somada à pouca sensibilidade para as problemáticas dos resíduos sólidos.

Alguns estudos desenvolvidos, como o de Moura *et al.* (2009), que efetuaram o monitoramento de composteiras de resíduos orgânicos provenientes de um restaurante universitário e de poda oriunda de um campus universitário. Neste estudo, realizaram quatro diferentes tratamentos, variando a porcentagem de cada tipo de resíduo. Os parâmetros analisados foram DBO, DQO, pH, temperatura e teor de água. Os resultados evidenciaram a viabilidade da compostagem para o tratamento de resíduos orgânicos.

Outro resíduo passível de compostagem é a poda proveniente da manutenção da arborização urbana, classificado, segundo a NBR 10.004, como classe II A, não perigosos e não inertes e, pela Lei Federal 12.305, como resíduos de limpeza urbana. Contudo, é recorrente a disposição desses materiais em aterros e áreas de “bota fora” (BARATTA JÚNIOR; MAGALHÃES, 2010).

No processo de compostagem, a poda de árvores pode ser utilizada como um excelente resíduo estruturante, agregando qualidade ao composto final, balanceando a relação C/N, equilibrando o teor de umidade e também corrigindo a

granulometria da massa de resíduo, favorecendo a aeração (FERNANDES; SILVA, 1999). Somado a isso, esse material possui alta disponibilidade em centros urbanos e baixo custo.

Esses fatores se confirmam no estudo elaborado por Baratta Júnior e Magalhães (2010), no qual foram aplicados compostos oriundos da compostagem de podas para a produção de mudas de espécies arbóreas. Os resultados mostraram um melhor desempenho do composto quando comparado a substratos comerciais.

3.4 PRODUÇÃO DE MUDAS

Entre os anos de 1900 e 1950, no Brasil, a utilização de madeira oriunda de espécies nativas para fins comerciais foi grande, consumo que diminuiu nos anos seguintes devido a substituição da madeira por outros produtos, como o plástico, e pela criação de leis que proíbem a utilização de remanescentes florestais naturais para fins de exploração. Diante das demandas atuais, a plantação de florestas, com espécies exóticas ou nativas, tornou-se uma solução (FERREIRA; SILVA, 2008).

Somado a isso, de acordo com Ferreira e Silva (2008), a manutenção e recomposição de florestas naturais visa a obtenção de serviços ambientais e lazer. Portanto, a produção de mudas nativas para recomposição de florestas também constitui relevante atividade econômica.

O principal uso das mudas de espécies nativas está ligado à recuperação de áreas degradadas. De acordo com Martins (2013), áreas degradadas são aquelas que após sofrer um forte distúrbio perde a capacidade de se auto recuperar e voltar às condições originais, que seria de equilíbrio ecológico.

As atividades com alto potencial de degradação são a agropecuária, pois quando não adotada técnicas adequadas de conservação do solo podem resultar no início e propagação de processos erosivos e a mineração, pois com a instalação desta atividade há alterações drásticas do solo, remoção e misturas de horizontes, compactação e, conseqüentemente, erosão (MARTINS, 2013).

A necessidade de realizar a recuperação de áreas degradadas só se faz existente pela consequência das atividades antrópicas que geram a degradação de

um ambiente. Diante disto, foram desenvolvidas técnicas para a recuperação dessas áreas e dentre essas técnicas as mais utilizadas são a regeneração natural, a nucleação, plantio de mudas, plantio direto de sementes (MARTINS, 2013). Zamith e Scarano (2004) indicam a produção de mudas para futuro plantio como a melhor técnica de recuperação de um ambiente florestal degradado.

Para se produzir mudas de espécies nativas em viveiros florestais há etapas a serem seguidas, podendo variar de acordo com a espécie a ser plantada. São realizadas a escolha e o preenchimento dos recipientes, escolha da técnica do plantio, sendo por semeadura direta ou repicagem, fornecimento de condições para o desenvolvimento das mudas, como irrigação, adubação e controle de formigas e por fim, a fase de rustificação das plantas, que na maioria dos casos é realizada expondo-se as mudas ao sol e diminuindo tanto a adubação quanto a irrigação, a fim de que as mudas se habituem às condições que encontrarão no campo (MARTINS, 2013).

É recomendado atentar-se à existência de dormência, presente em sementes de determinadas espécies, o que pode induzir a desuniformidade das mudas e perda de sementes. Caso se faça necessário, esta técnica geralmente é realizada por imersão em água à temperatura ambiente por um determinado período de tempo, escarificação mecânica ou ainda pela imersão em água fervente (ZAMITH; SCARANO, 2004).

Na recomposição de florestas naturais diversas espécies arbóreas podem ser utilizadas nos diferentes ecossistemas, como *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr., presente na floresta pluvial da encosta atlântica (LORENZI, 2008) e *Parapiptadenia rigida*, comum na mata latifoliada das bacias dos Rios Paraná (MONDO *et al*, 2008).

A espécie *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr., conhecida popularmente como pau-jacaré, apresenta altura máxima entre 10 e 20 metros, tem ocorrência natural nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Mato Grosso do Sul até Santa Catarina. Sua madeira é moderadamente pesada e resistente ao ataque de organismos xilófagos. Para produção de mudas dessa espécie, é recomendado realizar o plantio logo após a colheita das sementes e o tempo de emergência é entre 5 e 10 dias (LORENZI, 2008).

No campo, essa espécie apresenta rápido desenvolvimento, podendo alcançar 4 metros de altura em apenas dois anos (LORENZI, 2008). Tal espécie é

classificada como pioneira ou em alguns casos como secundária inicial (MARTINS, 2013).

Quanto à *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, conhecida popularmente como angico-vermelho, tem ocorrência nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e de São Paulo a Rio Grande do Sul, sendo mais frequente nos três estados da região sul. Podem atingir altura de 20 a 30 m, com tronco de 60 a 110 cm de diâmetro, ocorrendo em locais com altitudes de até 800 m e com precipitação média anual entre 1.000 e 2.300 mm (CARVALHO, 2002).

De acordo com Lorenzi (2008), para produção de mudas dessa espécie deve-se colocar suas sementes em canteiros contendo substrato rico em nutrientes e mantendo-as em ambiente semissombreado. O desenvolvimento das plantas no campo é acelerado, chegando a 3 m de altura em 2 anos de idade, sendo excelente para recuperação de áreas degradadas.

Para semeadura em recipientes, recomenda-se o plantio de pelo menos duas sementes por recipiente, pois caso uma semente não germine, poderá ser substituída por outra. Por outro lado, se ambas germinarem é necessário realizar o raleamento, visto que apenas um indivíduo deve se desenvolver por recipiente, garantindo a ausência de competição de nutrientes, luz e água (MARTINS, 2013).

A semeadura em canteiros é indicada para espécies com sementes de pequena dimensão, o que impossibilita sua individual distribuição, ou quando a taxa de germinação das sementes é baixa, o que inviabiliza o plantio direto em recipientes (MACEDO, 1993).

Além da escolha da técnica mais adequada, o substrato empregado deve oferecer nutrientes em quantidade e variedade suficientes e também atender certas características físicas e químicas para o desenvolvimento das plantas. Nos aspectos físicos destacam-se granulometria e porosidade e nas características químicas o pH (ZANETTI *et al.*, 2003).

Segundo Zanetti *et al.* (2003), granulometria nada mais é do que as dimensões das partículas de solo e, para produção de mudas em tubetes, recomenda-se substratos com granulometria fina, pois evita a formação de grandes espaços vazios e facilita o desenvolvimento das raízes nesse tipo de recipiente de pequeno porte.

O termo porosidade está relacionado a porção do solo, em volume, não ocupada por sólidos e para ser considerado ideal para plantio, um substrato deve possuir porosidade acima de 85% (CARRIJO; LIZ; MAKISHIMA, 2002).

De acordo com Baratta Júnior e Magalhães (2010), o processo de compostagem proporciona a obtenção de um bom substrato natural, podendo ser aplicado no cultivo de mudas, juntamente com fertilizantes químicos ou sem a presença destes. Os autores ressaltam ainda a vantagem econômica na utilização de compostos orgânicos naturais se comparados com a utilização de fertilizantes químicos.

Estudos, como o de Alves e Passoni (1997), confirmam a eficiência da utilização de diferentes dosagens de composto e vermicomposto proveniente de resíduos sólidos urbanos na produção de mudas arbóreas de *Licania tomentosa*.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 COMPOSTAGEM

O processo de compostagem foi realizado na área experimental da UTFPR – FB (Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão), no município de Francisco Beltrão. O município apresenta um índice pluviométrico entre 1800 e 2200 mm anuais, e temperatura média anual de 19 °C (IBGE, 2011).

Para a montagem dos experimentos foram utilizados três diferentes tipos de resíduos sólidos, lodo proveniente da estação de tratamento de esgoto do município de Francisco Beltrão; restos de alimento do Restaurante Universitário da UTFPR – FB e podas de árvores provenientes da manutenção da arborização urbana do município de Francisco Beltrão.

O lodo utilizado é proveniente do tratamento de esgoto em Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (reatores UASB), previamente secos e caleados ainda na estação de tratamento.

Quanto aos restos de alimentos gerados no restaurante universitário, foram oriundos da oferta de almoço e jantar de segunda a sexta-feira. O restaurante é utilizado por toda a comunidade acadêmica, incluindo discentes, docentes, técnicos administrativos e servidores terceirizados, servindo uma média de 250 refeições por dia. A coleta desse resíduo se realizou a partir do término do horário de almoço, coletando os alimentos descartados no jantar do dia anterior e almoço do dia de coleta.

Quanto à poda, foi fornecida pela Secretaria de Meio Ambiente do município de Francisco Beltrão. Este material provém da manutenção da arborização da zona urbana do município e foi recebido triturado.

4.1.1 Montagem e monitoramento das pilhas

Os resíduos foram dispostos para tratamento conforme técnica descrita por Nunes (2009), na Circular Técnica 59 da EMBRAPA, testando-se dois tratamentos diferentes, sendo, em proporções volumétricas, L_e com 30% de lodo de esgoto e 70% resíduos de podas e R_u com 30% resíduo de restaurante universitário e 70% de podas.

Para realizar a medição volumétrica dos resíduos, utilizou-se um balde com volume de 20 litros. Adicionou-se resíduo na pilha de compostagem até que a mesma atingisse altura de um metro e base de oitenta centímetros de diâmetro.

A montagem das pilhas do tratamento L_e ocorreu após a obtenção do lodo junto à SANEPAR. Já para o tratamento R_u , foram feitos incrementos diários de restos de alimentos na pilha. Cada um dos tratamentos foi realizado em três repetições, resultando assim em seis pilhas (Figuras 1 e 2). Após a montagem das pilhas, as mesmas eram cobertas por lonas (Figura 3).



Figura 1: Pilhas de compostagem A, B e C com resíduo lodo de esgoto.



Figura 2: Pilhas de compostagem D, E e F com resíduos provenientes de restos de alimentos.



Figura 3: Pilhas de compostagem cobertas por lonas.

Para o monitoramento dos experimentos, foram analisados semanalmente análises de pH, temperatura, teor de água e teor de sólidos. A temperatura do composto foi determinada semanalmente utilizando um termômetro portátil digital da marca Instrutemp, modelo ITTH 1400. Foram realizadas análises em três diferentes pontos de cada pilha, aferindo na base, no meio e no topo.

Com o objetivo de promover a aeração das pilhas, se realizou, com auxílio de uma enxada, o reviramento do material uma vez por semana (Figura 4). Ao fim do reviramento, era coletada uma amostra composta, realizando a homogeneização e quarteamento, conforme metodologia descrita na NBR 10.007 (2004) que define

quarteamento como a divisão de quatro partes iguais de uma amostra pré homogeneizada, sendo descartada duas partes e realizando o procedimento novamente com as partes restantes até atingir o volume desejado. Realizado este procedimento as amostras eram encaminhadas para realização das análises de pH, teor de água e teor de sólidos.



Figura 4: Reviramento da pilha em compostagem.

As análises foram feitas em triplicata, no Laboratório de Águas e Efluentes da UTFPR – FB. A metodologia para realização do monitoramento foi de acordo com Silva (2009), onde o pH foi determinado pesando-se 10 gramas da amostra em balança analítica da marca Marte, modelo AW220 com auxílio de um béquer. Após, foi adicionado 250 mL de água destilada, agitando a mistura por 3 minutos. Depois de ficar em repouso por 5 minutos aferiu-se o pH (Figura 5) com o auxílio de pHmetro de bancada da marca MS TecnoPON, modelo HY-210P.



Figura 5: Aferição do pH.

Para determinação do teor de água era realizada a pesagem de 20 gramas de amostra, sendo colocadas em cadinhos e placas de Petri e encaminhadas à estufa da marca De Leo, a uma temperatura de 100 °C por um período de 24 horas (Figuras 6 e 7).



Figura 6: Amostras para determinação do teor de água.



Figura 7: Amostras após estufa.

Determinado o teor de água, a amostra era triturada (Figura 8), peneirada e pesado 2 gramas (Figura 9), para determinação de sólidos voláteis. Posteriormente, os cadinhos com a amostra eram levados ao forno mufla, da marca Zezimaq, modelo 2000C, a uma temperatura de 550 °C, durante 2 horas. Após realizada as análises supracitadas, os valores obtidos foram dispostos em uma tabela do software Microsoft Excel para posteriores análises estatísticas.



Figura 8: Amostra sendo triturada.



Figura 9: Amostra para determinação do teor de sólidos fixos.

Semanalmente, após as análises laboratoriais, verificava-se a necessidade ou não de ajustes para teor de água. Caso fosse necessário, a correção deste parâmetro era feita com adição de água na pilha de compostagem no momento do reviramento com auxílio de regador, até atingir uma situação em que se pegar e apertar o composto de maneira forte fosse possível senti-lo úmido, mas sem escorrer gotas de água da amostra. Para valores de teor de água acima da faixa ideal, a pilha de compostagem era descoberta e ficava exposta ao sol, aumentando a incidência solar e evaporação da água.

O processo de compostagem chegou ao fim quando o composto apresentou características de que estava maturado, estando à temperatura ambiente e teor de sólidos reduzido em 50% do seu valor inicial. Ao fim do processo de compostagem, os compostos foram peneirados e encaminhados para a produção das espécies florestais.

4.2 PRODUÇÃO DE MUDAS

4.2.1 Utilização do composto como substrato

A produção das mudas foi realizada no viveiro municipal do município de Francisco Beltrão, Paraná, localizado no bairro Padre Ulrico. O viveiro municipal está localizado em uma área de 5000 m² e tem capacidade para produzir 1 milhão de mudas anualmente, porém sua produção efetiva é de 500 mil mudas anuais.

Para a produção de mudas utilizou-se os dois compostos obtidos no processo de compostagem, além de um substrato comercial (S_c) fornecido pelo viveiro municipal. Para testar a eficiência dos compostos obtidos foram cultivadas as espécies Angico-vermelho e Pau-jacaré nos seguintes tratamentos: tratamento L_e utilizando 50% do composto proveniente do tratamento do lodo de esgoto e 50% de substrato comercial; tratamento R_u utilizando 50% do composto obtido com o tratamento de resíduos orgânicos do Restaurante Universitário e 50% de substrato comercial; e tratamento S_c utilizando somente substrato comercial. A quantidade de cada componente foi homogeneizada com auxílio de uma enxada (Figura 10), sendo disposto em seguida nos tubetes juntamente com as sementes.



Figura 10: Homogeneização dos compostos.

O plantio das sementes foi realizado em tubetes, sendo disposto 3 sementes em cada recipiente. Para cada substrato realizou-se quatro repetições de 10 tubetes com semente de cada espécie para cada repetição. (Figura 11).



Figura 11: Plantio das sementes.

Realizado o plantio determinou-se o posicionamento de cada tubete de forma aleatória e, em seguida as bandejas com as sementes foram encaminhadas para a casa de vegetação do viveiro. A área deste local é de 450 m² e possui sistema de irrigação automático, ocorrendo 4 vezes por dia.

Após 30 dias do plantio, com as sementes já germinadas e em crescimento realizou-se o raleamento das mudas, deixando apenas o indivíduo central se desenvolver (Figura 12).



Figura 12: Raleamento das mudas.

O acompanhamento do crescimento das espécies arbóreas foi realizado com visitas semanais entre o período de 21 de setembro de 2015 a 11 de novembro de 2015.

4.2.3 Análise dos parâmetros fitomorfológicos

Aos 30 e 50 dias após a semeadura foram mensurados comprimento da parte aérea, número de folhas e diâmetro do coleto de todos os indivíduos. Ao final do segundo mês, selecionou-se aleatoriamente 10 mudas de cada tratamento e espécie para quantificação do comprimento de raiz, da massa seca da raiz e da massa seca da parte aérea.

Para análise do comprimento da parte aérea, utilizou-se régua graduada em milímetros (Figura 13). O diâmetro do coleto foi determinado com paquímetro digital da marca Zaa (Figura 14).



Figura 13: Comprimento da parte aérea.



Figura 14: Determinação do diâmetro do coleto.

Para determinar a massa seca da parte aérea a muda foi cortada na altura do coleto, pesada e encaminhada à estufa da marca De Leo por 72 horas a 65°C, após esse período realizou-se a pesagem do material em balança analítica marca Marte, modelo AW220.

O comprimento do sistema radicular foi determinado com auxílio de uma régua milimétrica (Figura 15). Quanto à determinação da sua massa seca, o mesmo foi lavado em água corrente e em seguida levado à estufa da marca De Leo por um período de 72 horas a uma temperatura de 65°C, pesando a amostra posteriormente em balança analítica marca Marte, modelo AW220.



Figura 15: Comprimento do sistema radicular.

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Durante a fase de compostagem, foram comparados os tipos de compostos produzidos (L_e , R_u) ao longo das semanas de análises. Para avaliar os parâmetros fitomorfológicos das mudas produzidas, o experimento foi organizado em esquema fatorial, com dois fatores: Tipo de composto (L_e , R_u) e o substrato comercial (S_c), e o outro fator, as variedades plantadas *Piptadenia gonoacantha* e *Parapiptadenia rigida*. Assim, foi possível avaliar a eficiência dos compostos utilizados em relação ao substrato comercial e, além disso, verificar se algum composto possui desempenho diferenciado de acordo com a espécie cultivada. Os dados coletados foram organizados e tabulados em planilhas eletrônicas do software Microsoft Excel.

Os parâmetros avaliados nos compostos (pH, teor de água, teor de sólidos voláteis e temperatura) foram apresentados em formas de gráficos, evidenciando o

comportamento ao longo do tempo. Após, realizou-se análise estatística com auxílio do software R, versão 3.1.3 (CORE TEAM, 2015) e suplemento Action 2.0 (STATCAMP, 2014), procedendo a análise de variância (ANOVA) para comparação das médias dos tratamentos, seguida pelo teste de Tukey, ambos com nível de significância igual a 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 COMPOSTAGEM

5.1.1 Teor de água

No decorrer do processo de compostagem, foram observados em algumas partes da massa em decomposição do tratamento R_u a presença de actinomicetos (Figura 16), que são importantes microrganismos que atuam no processo de degradação da matéria orgânica, com capacidade de degradar moléculas de amidos, açúcares e proteínas (PEIXOTO, 1988). Após a realização das análises laboratoriais verificou-se que na primeira semana de degradação este parâmetro apresentou média de 61,24%, exibindo ao longo de todo o processo valores mínimos de 55,9% e máximos de 65% (Gráfico 1). Com isso, não houve a necessidade de correção deste parâmetro para este tratamento.



Figura 16: Actinomicetos na pilha de compostagem do tratamento R_u.

Para o tratamento L_e o teor de água inicial foi de 41,75%, elevando-se para 44,33% na segunda semana. Este aumento no teor de água ocorreu até a sexta semana, onde os valores atingiram 56% devido à adição semanal de água nas pilhas (Gráfico 01). A correção deste parâmetro foi necessária devido à faixa ideal de teor de água para degradação dos resíduos ser de 45% a 60% (INÁCIO; MILLER, 2009).

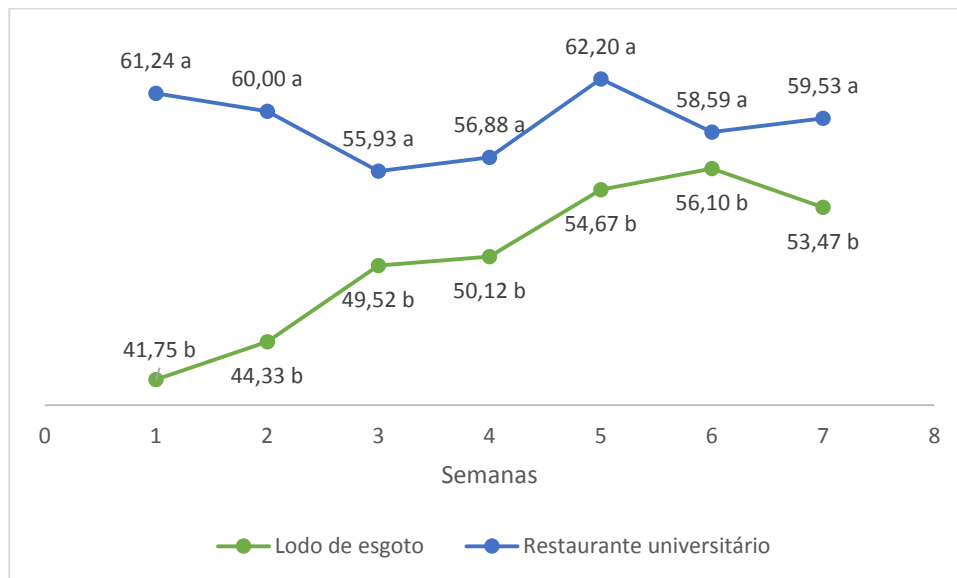


Gráfico 01 – Monitoramento do parâmetro teor de água.

Letras diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

No Gráfico 01 evidenciou-se que o tratamento R_u apresentou valores de teor de água superiores ao tratamento L_e , após realizar a análise de variância (ANOVA) foi possível averiguar que durante o período de compostagem, em média, os teores de água dos tratamentos são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de significância (Apêndice A). Os diferentes valores encontrados variam de acordo com as características dos resíduos utilizados em cada tratamento, pois o lodo utilizado no processo de compostagem foi acondicionado em leito de secagem na Estação de Tratamento de Esgoto. Já os resíduos do tratamento R_u tinham características mais úmidas.

5.1.2 Teor de sólidos voláteis

A variação do teor de sólidos voláteis para o tratamento L_e foi pequena, tendo como menor valor 27,07% na segunda semana do tratamento e maior valor 35,88% na sexta semana (Gráfico 02). Este crescimento do teor de sólidos voláteis em relação ao tempo está em desacordo com Fernandes e Silva (1999), quando afirmam que valores de teor de sólidos voláteis devem decrescer com o passar do tempo, indicando a decomposição da matéria orgânica. Este fato pode ser explicado devido ao resíduo lodo de esgoto já apresentar características de estabilização na montagem das pilhas, pois este havia permanecido em leito de secagem na ETE, local onde ocorre a degradação da matéria orgânica, e conseqüentemente, a diminuição da quantidade de material orgânico a ser degradado no processo de compostagem.

Por outro lado, o processo de degradação da matéria orgânica no tratamento de resíduos provenientes do restaurante universitário foi eficiente, pois ocorreu redução dos valores médios de teor de sólidos voláteis semanalmente durante todo o processo de compostagem, baixando de 86,18% na primeira semana para 54,94%, na sétima semana (Gráfico 02).

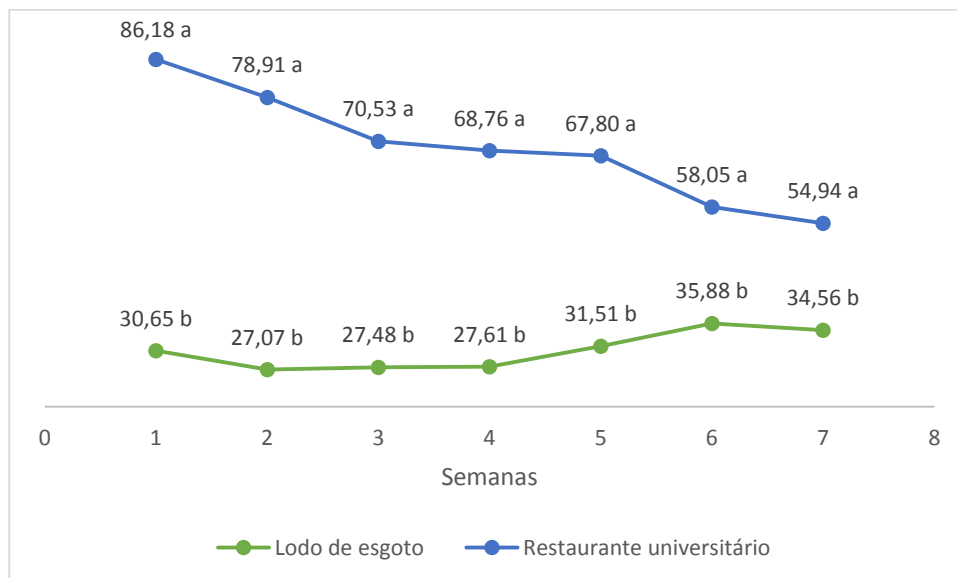


Gráfico 02 – Monitoramento do parâmetro teor de sólidos voláteis.

Letras diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Com auxílio da análise de variância, foi possível verificar que os teores médios de sólidos voláteis dos dois tratamentos diferiram entre si e, além disso, apresentaram diferenças estatísticas ao longo do tempo, ou seja, com o passar das semanas os teores de sólidos voláteis apresentaram comportamento diferente para cada tratamento utilizado (Apêndice B).

5.1.3 pH

Para o tratamento L_e , os valores de pH iniciaram em 8,4, oscilando ao longo do processo, chegando ao término com valores de 8,5, estando dentro da faixa indicada para o composto maturado (PEREIRA NETO, 2007). Já para o tratamento R_u o pH apresentou valores iniciais de 7,15, aumentando consideravelmente nas duas semanas seguintes atingindo 8,4 na terceira semana, decrescendo nas semanas posteriores e finalizando o processo com valor de 7,4 (Gráfico 03). Resultado semelhante foi evidenciado por França *et al.* (2013), onde o processo de compostagem com resíduos de restaurante universitário apresentou valores finais de pH entre 7 e 8.

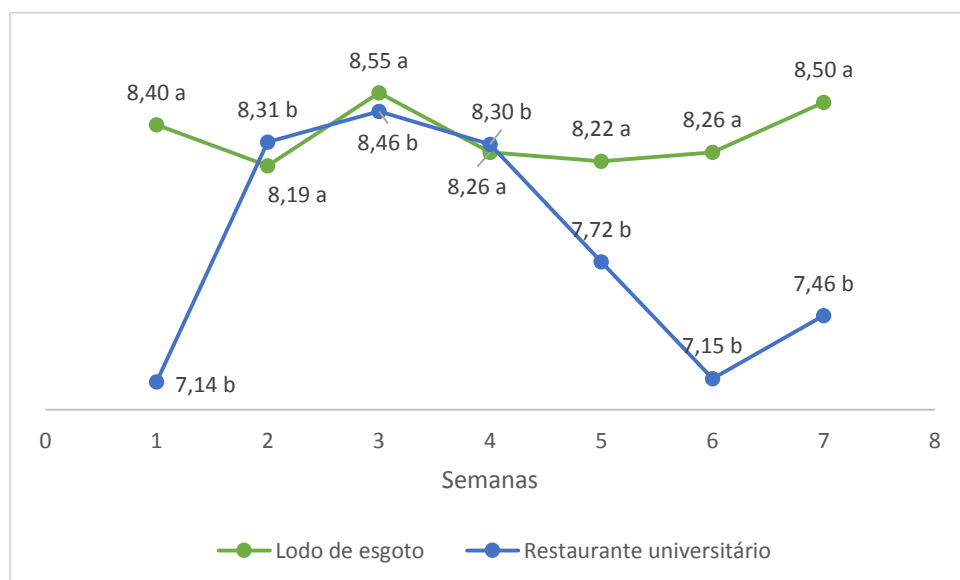


Gráfico 03 – Monitoramento do parâmetro pH.

Letras diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Comparando os dois tratamentos, pode-se observar que os valores de pH para o tratamento L_e são superiores que o tratamento R_u . Isso ocorre, pois o lodo proveniente de estações de tratamento de esgoto já havia passado pelo processo de calagem, deixando seu pH básico, já os restos de alimentos utilizados no tratamento R_u tinham componentes com pH mais baixos, como frutas cítricas e vinagre. Por possuírem características tão diferenciadas, ao realizar a análise de variância (ANOVA), constatou que, em média, os pH dos tratamentos diferem ao nível de 5% de significância (Apêndice C).

5.1.4 Temperatura

Ao longo das semanas de compostagem, as temperaturas médias dos tratamentos diferiram estatisticamente (p -valor $< 0,05$). Esse comportamento pode ser observado no Gráfico 04, em que, o tratamento L_e iniciou com temperatura de 30 °C, não apresentando grandes oscilações ao longo do processo, atingindo 20 °C na última semana de degradação. Como o lodo apresentava características de estabilizado, sua carga de material orgânico era baixa e de difícil degradação, ocorrendo assim pouca atividade microbiana, o que acabou dificultando a elevação da temperatura e impedindo que o tratamento atingisse a fase termofílica. Todo o processo ocorreu na fase mesofílica.

O tratamento R_u iniciou o processo de compostagem com temperaturas de 45 °C, permanecendo na fase termofílica por três semanas. Nesta fase, segundo Peixoto (1988), é quando as bactérias e os actinomicetos são predominantes, favorecidos pela alta temperatura e pelo pH próximo a neutralidade. Após isto, o processo se estende por quatro semanas na fase mesofílica até atingir sua maturação. Ao término do tratamento a temperatura apresentada foi de 28 °C (Gráfico 04).

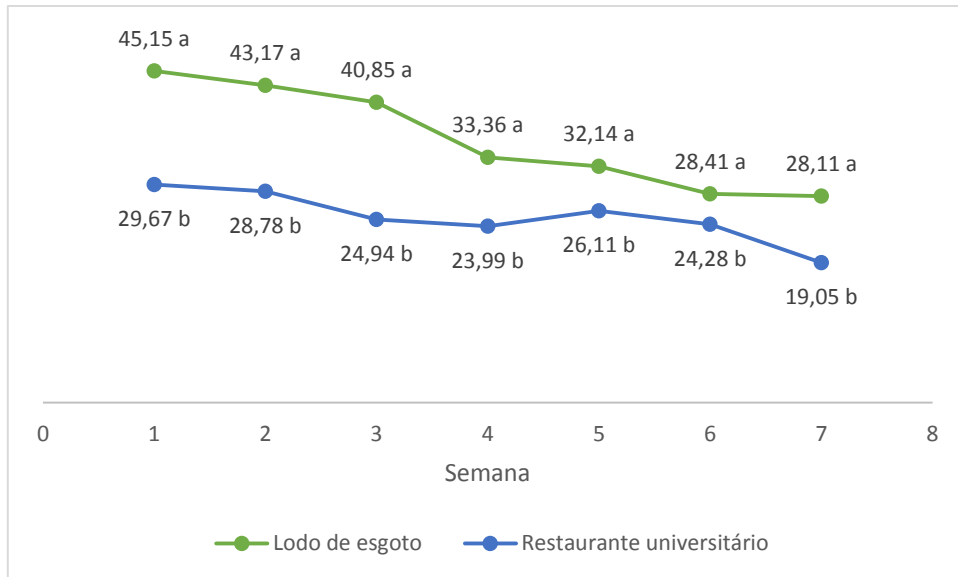


Gráfico 04 – Monitoramento do parâmetro temperatura.

Letras diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

5.2 ANÁLISES FITOMORFOLÓGICAS

5.2.1 Angico-vermelho

A taxa de germinação para a espécie Angico-vermelho foi de 37,5%, germinando 45 indivíduos dos 120 plantados para os três tratamentos. Durante o monitoramento não constatou-se mortalidade de indivíduos germinados. As primeiras medições foram realizadas nos indivíduos germinados após 30 dias do plantio e verificou-se que, em média, os parâmetros fitomorfológicos número de folhas e diâmetro do coleto não apresentaram diferenças estatisticamente significativas (Apêndices E e F), de acordo com a análise de variância (Tabela 01).

Ao avaliar o comprimento da parte aérea, observou-se que a altura média dos tratamentos L_e e R_u diferiram do tratamento S_c (Tabela 01). Pode-se observar que nos tratamentos L_e e R_u o desenvolvimento da altura da muda foi superior que o substrato comercial.

Tabela 01 – Média de número de folhas, diâmetro do coleto e comprimento da parte aérea da espécie Angico-vermelho produzidas em diferentes tratamentos 30 dias após o plantio.

Tratamento	Número de folhas	Diâmetro do coleto (mm)	Comprimento da parte aérea (cm)
S _c	3 a	0,77 a	4,4 b
L _e	3 a	0,84 a	5,9 a
R _u	3 a	0,84 a	5,9 a

Letras iguais na coluna indicam médias estatisticamente iguais ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Nas medições realizadas aos 50 dias após o plantio, por meio da análise de variância, verificou-se que as médias para os parâmetros número de folhas (Apêndice I), diâmetro do coleto (Apêndice J), comprimento da parte aérea (Apêndice K), comprimento de raiz (Apêndice L), massa seca da parte aérea (Apêndice M) e massa seca de raiz (Apêndice N), não apresentaram diferença significativa, ou seja, para estes parâmetros os três tratamentos apresentaram comportamento semelhante (Tabela 02).

Tabela 02 – Média de número de folhas, diâmetro do coleto e comprimento da parte aérea da espécie Angico-vermelho produzidas em diferentes tratamentos 50 dias após o plantio.

Tratamento	Número de folhas	Diâmetro do coleto (mm)	Comprimento da parte aérea (cm)	Comprimento de raiz (cm)	Massa seca da raiz (g)	Massa seca da parte aérea (g)
S _c	7 a	0,88 a	7,6 a	11,48 a	0,00837 a	0,04691 a
L _e	7 a	0,90 a	9,5 a	11,60 a	0,01446 a	0,07373 a
R _u	7 a	1,05 a	10,0 a	10,59 a	0,01573 a	0,07099 a

Letras iguais na coluna indicam médias estatisticamente iguais ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Verificando as médias dos parâmetros analisados 30 e 50 dias após o plantio, observa-se que a espécie Angico-vermelho apresentou desenvolvimento estatisticamente igual para todos os tratamentos, comprovando que a adição do composto obtido através da compostagem como substrato, auxilia no desenvolvimento de espécies arbóreas, da mesma forma que o substrato comercial utilizado.

Este bom desenvolvimento de espécies arbóreas a partir da utilização de composto orgânico como substrato também pode ser verificado no estudo desenvolvido por Baratta Júnior (2007), onde verificou o desenvolvimento de espécies ornamentais, utilizando como substrato, composto proveniente do processo de compostagem da poda de árvores em diferentes dosagens. Após o plantio das espécies ornamentais *Acalypha wilkesiana* m. Arg. e *Thunbergia erecta* T.Anders, o autor realizou a avaliação dos parâmetros fitomorfológicos, comprovando a eficiência do composto no crescimento dessas espécies.

5.2.2 Pau-jacaré

A taxa de germinação para a espécie Pau-jacaré foi de 87,5%, germinando 105 indivíduos dos 120 plantados para os três tratamentos. Durante o monitoramento não constatou-se mortalidade de indivíduos germinados. As primeiras medições foram realizadas nos indivíduos germinados, após 30 dias do plantio e verificou-se em média o diâmetro do coleto não apresentou diferenças significativas (Apêndice O), de acordo com análise de variância (Tabela 03).

Para o parâmetro fitomorfológico comprimento da parte aérea as médias analisadas pelo teste de Tukey apresentaram diferença estatística para os três tratamentos (Apêndices P e Q). A maior média foi verificada no tratamento L_e , 9,7 cm, sendo para o tratamento R_u média de 8,5 cm e para o tratamento S_c 7,4 cm (Tabela 03). Isto significa que, o tratamento L_e obteve melhor desenvolvimento neste parâmetro em relação aos outros tratamentos.

Em relação ao número de folhas, verificou-se, através de análise de variância (Apêndice R) e teste de Tukey (Apêndice S), que os tratamentos S_c e R_u são estatisticamente iguais, sendo diferente apenas o tratamento L_e , sendo que, o tratamento L_e apresentou melhor desenvolvimento em relação ao número de folhas.

Tabela 03 – Média de número de folhas, diâmetro do coleto e comprimento da parte aérea da espécie Pau-jacaré produzidas em diferentes tratamentos 30 dias após o plantio.

Tratamento	Número de folhas	Diâmetro do coleto (mm)	Comprimento da parte aérea (cm)
S _c	4 b	1,36 a	7,4 c
L _e	5 a	1,42 a	9,7 a
R _u	4 b	1,39 a	8,5 b

Letras iguais na coluna indicam médias estatisticamente iguais ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Aos 50 dias após o plantio, por meio da análise de variância (Apêndice T), verificou-se que, em média, o comprimento de raiz, não apresentou diferença significativa. Já para o número de folhas e diâmetro do coleto as médias obtidas apresentaram diferença entre os três tratamentos (Apêndices U, V, W e X), sendo os maiores valores para o tratamento L_e com 8,7 e 1,59 mm, respectivamente. O que indica que o tratamento L_e apresentou melhor desenvolvimento em relação a S_c e R_u. (Tabela 04).

Tabela 04 – Média de número de folhas, diâmetro do coleto e comprimento da parte aérea da espécie Pau-jacaré produzidas em diferentes tratamentos 50 dias após o plantio.

Tratamento	Número de folhas	Diâmetro do coleto (mm)	Comprimento da parte aérea (cm)	Comprimento de raiz (cm)	Massa seca da raiz (g)	Massa seca da parte aérea (g)
S _c	4 c	1,30 c	9,2 b	12,87 a	0,01734 b	0,05083 b
L _e	9 a	1,59 a	14,8 a	12,19 a	0,03566 a	0,20357 a
R _u	5 b	1,41 b	10,5 b	12,49 a	0,01975 b	0,08482 b

Letras iguais na coluna indicam médias estatisticamente iguais ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Na Tabela 04 podemos observar que, em relação aos demais tratamentos, L_e apresentou melhor desenvolvimento da parte aérea, em média, 14,8 cm. O mesmo comportamento pode ser observado para os parâmetros massa seca da parte aérea e massa da raiz. Já para o comprimento da raiz, os três tratamentos apresentaram valores médios estatisticamente iguais.

Verificando os valores médios de todos os parâmetros fitomorfológicos analisados, observa-se que para espécie Pau-jacaré, o tratamento L_e apresentou

melhor desenvolvimento se comparado com os tratamentos S_c e R_u. Neste caso observa-se que dos três tratamentos o S_c apresentou menor desenvolvimento para esta espécie, confirmando que a utilização de composto obtido através do processo de compostagem como substrato, é viável para o desenvolvimento de espécies arbóreas.

Sabonaro (2006), também verificou o crescimento de espécies arbóreas, utilizando como substrato diferentes dosagens de composto obtido através da compostagem de resíduos orgânicos urbanos. Para acompanhar o desenvolvimento das espécies *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol. (ipê-roxo), *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze (jequitibá) e *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (guapuruvu), foi realizado a avaliação de parâmetros fitomorfológicos. Através dos resultados obtidos o autor verificou que o composto proveniente de resíduos orgânicos urbanos contribui no desenvolvimento das espécies arbóreas.

6 CONCLUSÃO

Foi possível concluir que o tratamento dos resíduos orgânicos pelo método da compostagem resultou em um composto estável e com capacidade de produção de muda das espécies *Piptadenia gonoacantha* e *Parapiptadenia rigida*, tornando um passivo ambiental provocado pela geração destes resíduos em um ativo ambiental.

Para a espécie *Parapiptadenia rigida*, verificou-se que as médias dos parâmetros fitomorfológicos foram em sua maioria iguais estatisticamente, mostrando que para tal espécie, o rendimento dos compostos testados em relação ao substrato comercial foi satisfatório. A espécie *Piptadenia gonoacantha* apresentou melhor desenvolvimento dos parâmetros fitomorfológicos no tratamento lodo de esgoto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012 / ABRAF.** – Brasília: 2013.

ALVES, W. L.; PASSONI, A. A. Composto e vermicomposto de lixo urbano na produção de mudas de oiti (*Licania tomentosa* (Benth)) para arborização. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, v. 32, n. 10, p. 1053-1058, out. 1997.

AMARAL, D. A.; COSTA, J. R. C.; CORRÊA, A. C.; FREITAS, V. A. B. A compostagem como mecanismo de aproveitamento dos resíduos sólidos produzidos em restaurantes e cozinhas industriais no município do Rio Grande – RS. **In: IX SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL,** 2014, Porto Alegre.

BARATTA JÚNIOR, A. P. **Utilização do composto de resíduos da poda da arborização urbana em substratos para produção de mudas.** 2007. 53f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

BARATTA JÚNIOR, A. P.; MAGALHÃES, L. M. S. Produção de mudas por estaquia, de acalifa e tumbérgia, utilizando compostagem, preparada a partir de resíduos da poda da arborização urbana. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana.** Piracicaba, v. 5, n. 3, p. 113-148, set. 2010.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. de. **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura.** Embrapa Meio Ambiente - Livros científicos, Jaguariúna, 2006.

BILCK, A. P.; SILVA, D. L. D. da; COSTA, G. A. N.; BENASSI, V. de T.; GARCIA, S. Aproveitamento de subprodutos: restaurantes de Londrina. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente.** Maringá, v. 2, n. 1, p. 87-104, jan./abr. 2009.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 46 de 06 de outubro de 2011.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF, 2011.

BRASIL. **Norma Brasileira nº 10.004 de 31 de maio de 2004.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, RJ, 2004.

BRASIL. **Norma Brasileira nº 10.007 de 31 de maio de 2004**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, RJ, 2004.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos nº 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 22 mar. 2015.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R.S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura brasileira**, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002.

CARVALHO, P. E. R. **Circular técnica nº 58, angico gurucaia**. Embrapa. Colombo, p. 1-14, nov. 2002.

COIMBRA, R. de A.; TOMAZ, C. de A.; MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J. Teste de germinação com acondicionamento dos rolos de papel em sacos plásticos. **Revista Brasileira de Sementes**. Londrina, v. 29, n. 1, p. 92-97, abr. 2007.

CONCEIÇÃO, P. S. da. **Avaliação da tratabilidade da cama de frango por processos aeróbios de compostagem visando sua reutilização**. 2012. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

CORE TEAM, R DEVELOPMENT – **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015. Disponível em <<http://www.R-project.org>>

FERNANDES, F.; PIERRO, A. C.; YAMAMOTO, R. Y. Produção de fertilizantes orgânicos por compostagem do lodo gerado por estações de tratamento de esgotos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 28, n. 5, p. 567-574, maio 1993.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. da. **Manual prático para a compostagem de bio-sólidos**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 1999.

FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. da. **Formação de povoamentos florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008.

FERREIRA, M. **Circular técnica nº 47, escolha de espécies de eucalipto**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Piracicaba, v.47, p.1-30, 1979.

FRANÇA, J. R.; RODRIGUES, A. C.; FLORES, C. E. B; BORTH, R.; BARROS, G.; PRETTO, P. P.; BORBA, W. F.; KEMERICH, P. D. C. Tratamento de resíduos orgânicos provenientes de restaurante universitário: decomposição biológica monitorada. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 1, p. 2920-2927, 2013.

GUERRA, S. **Resíduos sólidos**, Rio de Janeiro: Forense, 2012.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Coordenação de População e Indicadores Sociais. 2011. Disponível em < <http://cod.ibge.gov.br/2379F>>. Acesso em: 31 de maio de 2015.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional de saneamento básico**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoadevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf> Acesso em: 10 mar. 2015.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República: Brasília; 2012.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4 ed. Rio de Janeiro: Segrac, 2005.

JULIO, M. de; PRIMO, M. Análise da viabilidade de compostagem dos resíduos sólidos provenientes da estação de tratamento de efluentes em indústria de alimentos. **Olam: Ciência & Tecnologia**. Rio Claro, v. 9, n. 2, p. 187, jan./jul. 2009.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5. Ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008

MACEDO, A. C. **Produção de mudas em viveiros florestais: espécies nativas**. São Paulo: Fundação Florestal, 1993

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**: Ações em áreas de preservação permanentes, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. 3. Ed. Viçosa, MG. Aprenda fácil, 2013

MENEZES, R. de L.; SANTOS, F. C. A.; LEME, P. C. S. Projeto de minimização de resíduos sólidos no restaurante central do Campus de São Carlos da Universidade de São Paulo. **In: XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 2002. Curitiba.

MONDO, V. H. V.; BRANCALION, P. H. S.; CICERO, S. M.; NOVENBRE, A. D. L. C.; DOURADO NETO, D. Teste de germinação de sementes de *Parapiptanea rigida* (Benth) Brenan (Fabaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 30, nº 2, p.177-183, 2008

MOURA, J. S.; BARROS, R. M.; CALHEIROS, H. C.; TIAGO FILHO, G. L.; SILVA, F. das G. B. da. Avaliação do processo de compostagem de resíduos urbanos: o caso dos resíduos do restaurante e de poda de um Campus universitário. **In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, Recife, 2009.

NUNES, M. U. C. **Circular técnica nº 59, compostagem de resíduos para produção de adubo orgânico na pequena propriedade**. Embrapa. Aracaju, p. 1-7, dez. 2009.

OLIVEIRA, G. L. de; GONÇALVES JÚNIOR, R.; ZILLER, M. P. O processo de compostagem no aproveitamento de resíduos no Campus da UNICAMP. **Revista Ciência do Ambiente**. Campinas, V. 8, n. 1, p. 86-87, mar. 2012.

PAIVA, A. V. de; POGGIANI, F.; GONÇALVEZ, J. L. de M.; FERRAZ, A. de V.; Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. **Revista Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 499-511, dez. 2009.

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

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Viçosa: Editora UFV, 2007.

SABONARO, D. Z. **Utilização de compostos de lixo urbano na produção de mudas de espécies arbóreas nativas com dois níveis de irrigação**. 2006. 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, 2009.

STATCAMP. **Software Action. Estatcamp** – Consultoria em estatística e qualidade. São Carlos, SP, Brasil, 2014. Disponível em <<http://www.portalaction.com.br>>

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM JÚNIOR, D. de S.; CABRERA, B. R.; MORAES, P. de O.; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**. Córdoba, v. 58, p. 59-85, abr. 2009.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005

ZAMITH, L. R.; SCARANO, F. R. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 18, n. 1, p. 161-176, 2004.

ZANETTI, M.; FERNANDES, C.; CASSETTA, J. O.; CORÁ, J. E.; MATTOS JUNIOR, D. Caracterização física de substratos para a produção de mudas e porta-enxertos cítricos sob telado. **Revista Laranja. Cordeirópolis**, v. 24, n. 2, p. 519-530, 2003.

APÊNCICE

Apêndice A - ANOVA para teor de água nas pilhas de compostagem.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Semana	6	276,3758286	46,0626381	1,792656692	0,1369
Tratamento	1	889,8243429	889,8243429	34,63000881	0
Semana:Tratamento	6	329,8523905	54,97539841	2,139521746	0,0801
Resíduos	28	719,4650667	25,69518095		

Apêndice B – ANOVA para teor de sólidos voláteis nas pilhas de compostagem.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Semana	6	0,072613	0,012102167	1,848740993	0,1256
Tratamento	1	1,567547524	1,567547524	239,4603748	0
Semana:Tratamento	6	0,16469881	0,027449802	4,193263475	0,0039
Resíduos	28	0,183292667	0,006546167		

Apêndice C – ANOVA para pH nas pilhas de compostagem.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	1	3,170752381	3,170752381	9,223559724	0,0051
Semana	6	3,051357143	0,508559524	1,47937416	0,2213
Tratamento:Semana	6	3,099614286	0,516602381	1,502770428	0,2136
Resíduos	28	9,625466667	0,343766667		

Apêndice D – ANOVA para temperatura nas pilhas de compostagem.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	1	1179,144086	1179,144086	198,9400304	0
Semana	6	914,8212	152,4702	25,72410496	0
Tratamento:Semana	6	200,4159143	33,40265238	5,635549346	0,0006
Resíduos	28	165,9597333	5,927133333		

Apêndice E – ANOVA para número de folhas da espécie *Parapiptadenia rigida* (Angico-vermelho) 30 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	4,336822604	2,168411302	1,81831576	0,1743
Resíduos	44	52,47168803	1,192538364		

Apêndice F - ANOVA para diâmetro do coleto da espécie *Parapiptadenia rigida* (Angico-vermelho) 30 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	0,049405186	0,024702593	0,516264432	0,6003
Resíduos	44	2,10534375	0,047848722		

Apêndice G - ANOVA para comprimento da parte aérea da espécie *Parapiptadenia rigida* (Angico-vermelho) 30 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	21,69675884	10,84837942	5,604559596	0,0068
Resíduos	44	85,16792201	1,935634591		

Apêndice H – Teste de Tukey para comprimento da arte aérea da espécie *Parapiptadenia rigida* (Angico-vermelho) 30 dias após o plantio.

Fator	Médias	Grupos
R _u	5,888888889	a
L _e	5,861538462	a
S _c	4,44375	b

Apêndice I - ANOVA para número de folhas da espécie *Parapiptadenia rigida* (Angico-vermelho) 50 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	3,815873016	1,907936508	0,322994242	0,7258
Resíduos	42	248,0952381	5,907029478		

Apêndice J - ANOVA para diâmetro do coleto da espécie *Parapiptadenia rigida* (Angico-vermelho) 50 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	0,306190175	0,153095088	2,210432727	0,1223
Resíduos	42	2,908929825	0,069260234		

Apêndice K - ANOVA para comprimento da parte aérea da espécie *Parapiptadenia rigida* (Angico-vermelho) 50 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	50,18499875	25,09249937	2,488847308	0,0952
Resíduos	42	423,4430013	10,08197622		

Apêndice L - ANOVA para comprimento da raiz da espécie *Parapiptadenia rigida*
(Angico-vermelho) 50 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	6,088666667	3,044333333	0,290875312	0,7499
Resíduos	27	282,585	10,46611111		

Apêndice M - ANOVA para massa seca da raiz da espécie *Parapiptadenia rigida*
(Angico-vermelho) 50 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	0,000309569	0,000154784	2,971740859	0,0682
Resíduos	27	0,001406306	5,20854E-05		

Apêndice N - ANOVA para massa seca da parte aérea da espécie *Parapiptadenia rigida* (Angico-vermelho) 50 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	0,004355555	0,002177777	1,091809074	0,35
Resíduos	27	0,053855559	0,00199465		

Apêndice O - ANOVA para diâmetro do coleto da espécie *Piptadenia gonoacantha*
(Pau-jacaré) 30 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	0,048424762	0,024212381	0,626145978	0,5367
Resíduos	102	3,944228571	0,038668908		

Apêndice P - ANOVA para comprimento da parte aérea da espécie *Piptadenia gonoacantha* (Pau-jacaré) 30 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	97,29047619	48,6452381	18,7746354	0
Resíduos	102	264,2828571	2,591008403		

Apêndice Q – Teste de Tukey para comprimento da parte aérea da espécie *Piptadenia gonoacantha* (Pau-jacaré) 30 dias após o plantio.

Fator	Médias	Grupos
L _e	9,728571429	a
R _u	8,5	b
S _c	7,371428571	c

Apêndice R - ANOVA para número de folhas da espécie *Piptadenia gonoacantha* (Pau-jacaré) 30 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	7,942857143	3,971428571	3,727129338	0,0274
Resíduos	102	108,6857143	1,065546218		

Apêndice S – Teste de Tukey para número de folhas da espécie *Piptadenia gonoacantha* (Pau-jacaré) 30 dias após o plantio.

Fator	Médias	Grupos
L _e	4,685714286	a
R _u	4,228571429	ab
S _c	4,028571429	b

Apêndice T – ANOVA para comprimento de raiz da espécie *Piptadenia gonoacantha* (Pau-jacaré) 50 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	2,322666667	1,161333333	0,2869878	0,7528
Resíduos	27	109,259	4,04662963		

Apêndice U – ANOVA para número de folhas da espécie *Piptadenia gonoacantha* (Pau-jacaré) 50 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	463,2543417	231,6271709	39,75377885	0
Resíduos	102	594,307563	5,826544736		

Apêndice V – Teste de Tukey para número de folhas da espécie *Piptadenia gonoacantha* (Pau-jacaré) 50 dias após o plantio.

Fator	Médias	Grupos
L _e	8,685714286	a
R _u	5,166666667	b
S _c	3,647058824	c

Apêndice W – ANOVA para diâmetro do coleto da espécie *Piptadenia gonoacantha* (Pau-jacaré) 50 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	1,494587386	0,747293693	19,1780288	0
Resíduos	102	3,974545948	0,038966137		

Apêndice X – Teste de Tukey para diâmetro do coleto da espécie *Piptadenia gonoacantha* (Pau-jacaré) 50 dias após o plantio.

Fator	Médias	Grupos
Le	1,592	a
Ru	1,414444444	b
Sc	1,300294118	c

Apêndice Y – ANOVA para comprimento da parte aérea da espécie *Piptadenia gonoacantha* (Pau-jacaré) 50 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	593,4786587	296,7393294	29,01525129	0
Resíduos	102	1043,155246	10,22701222		

Apêndice Z – Teste de Tukey para comprimento da parte aérea da espécie *Piptadenia gonoacantha* (Pau-jacaré) 50 dias após o plantio.

Fator	Médias	Grupos
Le	14,79428571	a
Ru	10,53055556	b
Sc	9,2	b

Apêndice AA – ANOVA para massa seca da parte aérea da espécie *Piptadenia gonoacantha* (Pau-jacaré) 50 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	0,128621301	0,06431065	25,84095482	0
Resíduos	27	0,067195178	0,00248871		

Apêndice BB – Teste de Tukey para massa seca da parte aérea da espécie *Piptadenia gonoacantha* (Pau-jacaré) 50 dias após o plantio.

Fator	Médias	Grupos
L _e	0,20357	a
R _u	0,08482	b
S _c	0,05083	b

Apêndice CC – ANOVA para massa seca da raiz da espécie *Piptadenia gonoacantha* (Pau-jacaré) 50 dias após o plantio.

	G.L	Soma de Quadrados	Quadrado médio	Estat. F	P-valor
Tratamento	2	0,001981862	0,000990931	9,274543095	0,0009
Resíduos	27	0,002884793	0,000106844		

Apêndice DD – Teste de Tukey para massa seca da raiz da espécie *Piptadenia gonoacantha* (Pau-jacaré) 50 dias após o plantio.

Fator	Médias	Grupos
L _e	0,03566	a
R _u	0,01975	b
S _c	0,01734	b