

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

ANTONIO ROBERTO DOS SANTOS FILHO

**MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE
COMPOSTAGEM COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE GESSO
DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2014

ANTONIO ROBERTO DOS SANTOS FILHO

**MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE
COMPOSTAGEM COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE GESSO
DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão II, do Curso Superior de Engenharia Ambiental do Departamento Acadêmico de Ambiental – DAAMB – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental

Orientador: Prof. MSc. Thiago Morais de Castro

CAMPO MOURÃO
2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação de Engenharia Ambiental - COEAM
Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE GESSO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

por

ANTONIO ROBERTO DOS SANTOS FILHO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 26 de Fevereiro de 2014 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. MSc. Thiago Morais de Castro
Orientador

Prof^a. Dr^a. Vanessa Medeiros Corneli
Membro titular

Prof^a. Dr^a. Cristiane kreutz
Membro titular

“Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental”

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus nosso Pai que intercede por nós, qual me proporcionou sabedoria, saúde e tranquilidade para produzir esse trabalho de conclusão de curso.

Meus pais Antonio Roberto dos Santos e Maristela Campos Melo dos Santos, os quais desde os meus primeiros passos me guiaram para o caminho correto, possibilitando todas as minhas realizações, me apoiando em todas minhas decisões, sempre acreditando no meu potencial, muitas vezes abdicando-se de seus sonhos para me auxiliar nessa caminhada, com muito amor e confiança.

Agradeço também as minhas irmãs Maria Alice Melo dos Santos e Ana Maria Melo dos Santos, quais tenho muito orgulho de ser irmão, que sempre acreditaram no meu potencial e me apoiaram em todas as situações.

Ao meu orientador Mestre Thiago Morais de Castro, pela dedicação, paciência e orientação sobre os caminhos corretos a serem seguidos neste trabalho.

Aos meus amigos de todas as horas que sempre estavam prontos para as comemorações tomando aquela gelada.

Agradeço a empresa Campusmorão Construção LTDA pelo auxílio na utilização de sua estrutura para realização desse trabalho.

Por fim agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, qual disponibilizou seus laboratórios para análises e também contribuiu efetivamente para o meu conhecimento das áreas estudadas.

RESUMO

SANTOS FILHO, Antonio. R. Monitoramento e avaliação do processo de compostagem com incorporação de resíduos de gesso de construção civil. 2013/2014. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

A compostagem é uma das técnicas utilizada para tratamento dos resíduos sólidos com características orgânicas e minerais, a mesma realiza-se por meio de atividades metabólicas de microrganismos presentes na massa a ser decomposta. O presente trabalho teve como objetivo a reciclagem de nutrientes disponíveis em resíduos sólidos urbanos como é o caso das podas e dos resíduos de gesso, os quais foram misturados juntamente com esterco equino, para fim de incorporação ao solo. A mistura do gesso juntamente com os outros resíduos ocorreu para verificar a influência do mesmo no decaimento do nitrogênio na massa decomposta pela compostagem. No estudo foram monitorados parâmetros como umidade, sólidos voláteis, temperatura e pH, para fim de adequar o processo com as atividade metabólicas dos microrganismos presentes no meio. Após 120 dias, com o término da compostagem foram analisados parâmetros conforme o Anexo III da Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para fim de comparação com o material produzido neste estudo. Com o término das análises laboratoriais foi possível analisar as característica dos materiais decompostos, os quais apresentaram o parâmetro relação C/N com valores inferiores ao mínimo estabelecido pelo anexo III, o que significa um material com qualidade reduzida, e também foi possível comparar através da concentração final de nitrogênio, qual leira teve menor decaimento desse parâmetro, o que não confirma a influencia do gesso na diminuição do decaimento de nitrogênio na compostagem, devido a baixas concentrações desse parâmetro nas leiras com concentrações de gesso superiores.

Palavras-chave: gesso de construção civil, compostagem, tratamento de resíduos sólidos.

ABSTRACT

Composting is one of the mechanisms used for the treatment of solid residues with organic and mineral characteristics which is achieved by means of metabolic activity of microorganisms that are present in the mass to be decomposed. This research aimed the recycling of nutrients found in urban solid residues such as pruning and gypsum residue which were mixed with horse manure, in order to incorporate the soil. The mixture of gypsum along with other residues was to verify the influence of the same decay in the mass of nitrogen decomposed by composting. In the study parameters such as moisture, volatile solids, temperature and pH were monitored for the purpose of adapting the process to the metabolic activity of microorganisms present in this condition. After 120 days, with the end of composting parameters were analyzed as Annex III to Instruction No. 25, dated July 23, 2009 of the Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento in order to compare with the material produced in this study. With the conclusion of the laboratory analysis it was possible to analyze the characteristic of decomposed materials, which showed the relation of the parameter with values under than the minimum established by Annex III, meaning a material with reduced quality, and it was also possible to compare through the final nitrogen concentration, which windrow had lower decay in this parameter, what does not confirm the influence of gypsum in decreasing decay of nitrogen in the compost due to low concentrations of this parameter in windrows higher concentrations of gypsum.

Keywords: civil construction gypsum, Composting, solid residues treatment

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Curva padrão da variação da temperatura durante o processo de compostagem.....	14
Figura 2 – Localização de Campo Mourão no estado do Paraná.....	24
Figura 3 – Montagem das leiras utilizadas na pesquisa. (A) Leira 1, (B) Leira 2, (C) Leira 3 e (D) Leira 4.....	27
Figura 4 – Locais de medição de temperatura nas leiras.....	28
Figura 5 – Evolução da temperatura ambiente nos dias de medição de temperatura nas leiras	33
Figura 6 – Precipitações de setembro a dezembro em 2013.....	34
Figura 7 – Evolução da temperatura na Leira 1.....	34
Figura 8 – Evolução da temperatura na Leira 2.....	36
Figura 9 – Evolução da temperatura na Leira 3.....	37
Figura 10 – Evolução da temperatura na Leira 4.....	38
Figura 11 – Variação da umidade ao longo do processo.....	39
Figura 12 – Monitoramento dos sólidos voláteis nas leiras.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos.....	16
Tabela 2 – Umidade dos resíduos utilizados na compostagem.....	26
Tabela 3 – Composição das leiras de compostagem do experimento.....	26
Tabela 4 – Especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos.....	31
Tabela 5 – Caracterização das matérias-primas.....	32
Tabela 6 – Especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos para as leiras 1, 2 ,3 e 4.....	42

Sumário

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3 REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS: DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO	11
3.2 RESÍDUOS ORGÂNICOS E COMPOSTAGEM.....	12
3.3 LEGISLAÇÃO VIGENTE	15
3.4 APLICAÇÃO DO COMPOSTO ORGÂNICO E SUAS LIMITAÇÕES	17
3.5 SITUAÇÃO DA COMPOSTAGEM NO CENÁRIO NACIONAL.....	18
3.6 RESÍDUOS DE PODA URBANA.....	19
3.7 RESÍDUO DE GESSO DE CONSTRUÇÃO CIVIL	21
3.8 RESÍDUO DE ESTERCO EQUINO.....	23
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO	24
4.2 COLETA DOS RESÍDUOS.....	25
4.3 ESTRUTURAÇÃO E COMPOSIÇÃO DAS LEIRAS.....	25
4.4. MONITORAMENTO DA COMPOSTAGEM.....	28
4.5 ESTUDO DA LEGISLAÇÃO VIGENTE PARA FINS DE COMPARAÇÃO COM O EXPERIMENTO	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS	32
5.2 TEMPERATURAS E PRECIPITAÇÃO	32
5.3 UMIDADE.....	38
5.4 SÓLIDOS VOLÁTEIS	40
5.5 PARÂMETROS DO COMPOSTO	41
6 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	46
ANEXOS	51

1 INTRODUÇÃO

Com o notável crescimento da população mundial juntamente com a sua concentração nos centros urbanos, tornou-se extremamente maior a geração de resíduos sólidos urbanos, os quais trazem com si formas de destinações finais complexas e onerosas. Ao passo do consumo e geração de lixo, se observa a degradação dos ambientes naturais, o que potencializa ainda mais a necessidade de tratamentos, minimização, reaproveitamento, reciclagem dos resíduos produzidos e destinação final adequada (BRITO, 2008).

No ano de 2011, o Brasil produziu cerca de 62 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU), resultando no período uma produção per capita de 381,6 kg.hab⁻¹. Estes resíduos são compostos de maneira geral por: 51,4% de matéria orgânica, 31,9% de materiais recicláveis e 16,7% de outros tipos de resíduos, incluindo rejeitos.

A porcentagem de matéria orgânica encontrada está diretamente ligada aos serviços de podas e cortes de árvores do perímetro urbano. Estes resíduos necessitam de técnicas adequadas de reaproveitamento/reciclagem, devido sua carga poluente quando em contato com água e outros componentes. Além dos RSUs, encontram-se os resíduos provenientes da construção civil (RCC), os quais totalizaram em 2011 um pouco mais de 33 milhões de toneladas coletados pelos serviços públicos no Brasil (ABRELPE, 2011).

Devido a grande geração de resíduos sólidos como os resíduos oriundos de podas e cortes de espécies vegetais, a compostagem se tornou uma técnica importante para reciclagem e tratamento desses resíduos, transformando-os em produtos finais com valor econômico considerável e viável (CORDEIRO, 2010). O processo de reciclagem pode ser considerado importante para a diminuição de consumo de recursos naturais, atrelando com a sustentabilidade agrícola, a compostagem é uma forma de devolução de matéria rica em nutrientes para o solo, o qual foi o fornecedor delas próprias (MARQUES; HOGLAND, 2002).

A compostagem transforma matéria orgânica em fertilizante orgânico, o qual acontece pela interação com microrganismos decompositores que irão oxidar os substratos orgânicos em moléculas ricas em nutrientes para o solo (PEREIRA NETO; MESQUITA, 1992). Outro fator importante a ser elencado é a capacidade da

retenção de água precipitada sobre o solo que se utilizou adubo orgânico oriundo de compostagem (BRITO, 2008).

Os resíduos provenientes da construção civil (RCC's) são gerados em grandes quantidades, necessitando de adequada destinação final. Os RCC's são constituídos de componentes como: tijolos, areia e argamassa que totalizam 80% de sua composição, 9% de concretos, 6% de "pedras", 3% de cerâmicas, 2% de gesso e 1% de madeira. O gesso embora seja representado em pequena porcentagem comparado com os outros componentes, deve receber atenção com relação ao destino final, pois, foi alterado pela Resolução nº 431 de 24 de maio de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), da classe C para classe B, classificando-se como reciclável. Pelo fato de ter sido alterada a sua classificação, recentemente, o gesso necessita de técnicas de reciclagem e reaproveitamento (PICOLOTTO ; WERNER, 2011). Conforme estudado por Tubail et.al. (2008), o gesso traz uma característica de possível retardador do decaimento do Nitrogênio quando incorporado a compostagem, possibilitando a sua incorporação nesse processo de reciclagem de matéria orgânica.

A proposta deste Trabalho de Conclusão de Curso é apresentar e discutir a utilização da técnica de compostagem para a reciclagem de resíduo de vegetação arbórea, obtidas através de podas, misturados com esterco equino e resíduos de gesso da construção civil com a finalidade de obter um composto desejável, assim podendo analisar em laboratório qual mistura proporcionou melhor qualidade no produto final.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Monitorar e avaliar a incorporação do gesso de RCCs na compostagem de resíduos vegetais, como galhos oriundos de podas de árvores e esterco equino.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar os resíduos em função da umidade, sólidos voláteis e pH.
- Monitorar os parâmetros físico-químicos (umidade, sólidos voláteis, temperatura e pH) ao longo do processo de compostagem.
- Avaliar a qualidade final do composto curado comparando com exigências agronômicas previstas pela Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS: DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

O aumento da geração dos resíduos sólidos urbanos (RSU) está atrelado ao aumento do grau de industrialização, mudança qualitativa da sua composição, o que incorpora outros aos de caráter sólidos, ausência de política específica para incentivar o reaproveitamento, reciclagem, reuso e minimização da geração (ALMEIDA et al., 2012).

No Brasil ainda se nota déficit na questão do saneamento ambiental, onde se tem locais com ausência ou ineficiência da coleta de resíduos, da destinação final, do tratamento de resíduos sólidos e líquidos entre outros. A falta de gerenciamento e disposição final adequada dos resíduos sólidos urbanos causa danos diretos ao solo, ar, águas superficiais e subterrâneas, também potencializando o surgimento de focos de proliferação de vetores e microrganismos causadores de doenças (ALMEIDA et al., 2012).

Os resíduos sólidos são definidos segundo a NBR 10.004 (ASSOCIAÇÃO..., 2004) em “resíduos no estado sólido e semissólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nessa definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e esgoto, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia possível”. Os resíduos são classificados em três classes.

- a) Resíduos classe I – Perigosos: resíduos sólidos em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública, provocando ou contribuindo para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada;

- b) Resíduos classe II-A – Não Perigosos e Não Inertes: resíduos sólidos que não se enquadram na classe I (perigosos) ou na classe III (inertes). Estes resíduos podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.
- c) Resíduos classe II-B – Não Perigosos e Inertes: resíduos sólidos que, submetidos a testes de solubilização não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados, em concentrações superiores aos padrões de portabilidade de águas, excetuando-se os padrões: aspecto, cor, turbidez e sabor. Como exemplo destes materiais pode-se citar, rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente.

3.2 RESÍDUOS ORGÂNICOS E COMPOSTAGEM

Influenciado pelo aumento desordenado na geração dos resíduos orgânicos oriundos das atividades antrópicas, ocorre à degradação do meio ambiente, decorrente da falta ou ineficiência dos sistemas de destinação final, o que necessita de alternativas para reduzir os impactos ambientais decorrentes da má destinação do resíduo produzido (ABREU JUNIOR et al., 2005).

Os resíduos orgânicos são considerados uma fonte geradora de impactos ambientais provenientes da geração de gases, líquidos percolados, atração de animais vetores, danificação de equipamentos e estruturas (ALBUQUERQUE NETO et al., 2007).

Os líquidos percolados (chorume) são encontrados em resíduos orgânicos decorrentes de decomposição da água presente na matéria orgânica, os quais apresentam características que quando se depositam em corpos d'água degradam o meio, causando diminuição de oxigênio dissolvido presente, o que pode causar extinção dos organismos aeróbios (ALBUQUERQUE NETO et. al., 2007).

O processo de compostagem atua como alternativa para curar os resíduos, por meio de atuações de conjuntos de microrganismos decompositores aeróbios, somando um caráter biológico ao sistema. As reações de maturação dos produtos liberam energia para o meio juntamente com dióxido de carbono (CO₂), vapor d'água,

liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica, conhecida como húmus (BERNAL, 1998).

Os fatores limitantes para uma produção final desejável do produto são: umidade, presença de oxigênio, diversidade de nutrientes, pH, temperatura, substrato, todos eles em consideráveis concentrações no decorrer e final do processo são devidamente importantes para a maturação completa do substrato (QUEIROZ, 2007).

Para um melhor tratamento dos resíduos por meio da compostagem, os fatores citados anteriormente juntamente com outros, deverão ser controlados para que operem nas devidas faixas ou concentrações: pH deve estar próximo da neutralidade no experimento, os teores de carbono e nitrogênio adequados estão na relação de C/N na ordem de 30/1, a granulometria está relacionada com a aeração do composto a qual deve conter partículas de 1,2 cm x 5 cm (1/2" x 2") o excesso de materiais finos podem ocasionar na formação de chorume, a umidade deve ser trabalhada no intervalo de 40 a 60%, o que também implica sobre a aeração do material (D'ALMEIDA ; VILHENA, 2010).

É importante destacar que a temperatura e o pH evoluem em função da qualidade dos outros, o que reforça a necessidade de um adequado manejo das técnicas de compostagem.

Como o processo se dá em grande parte por processos aeróbios se torna indispensável à presença de oxigênio disponível na massa a ser curada. A técnica adequada para esse suprimento de ar é o revolvimento do substrato possibilitando introdução de oxigênio nas zonas anaeróbias, o que se deve ocorrer com frequência adequada, no mínimo uma vez por semana, ao longo do processo.

Com relação à umidade, recomenda-se logo de início há a necessidade de avaliar a umidade, o que no seguimento do experimento deve ocorrer semanalmente. Caso ocorra saturação de umidade se torna necessário à diminuição dos tamanhos das leiras ou remover com intensa frequência, a introdução de água quando necessário é importante ocorrer no ato do revolvimento da leira, devido a melhor homogeneização do composto (D'ALMEIDA ; VILHENA, 2010).

A temperatura e o pH atuam como indicadores de problemas operacionais na fase qual o processo se encontra, portanto necessitam ser monitorados. A temperatura deve ser monitorada através de termômetro que atinja o interior do composto e o pH podendo ser aferido em laboratório. A temperatura deverá ser

analisada em frequências distintas alternadas conforme a fase que se encontra, ou seja, na fase mesófila com temperatura entre 20 à 45°C, sugere pelo menos duas medidas por semana, já na fase termófila com temperatura entre 45 à 65°C, deve ser aferida diariamente leira por leira em vários pontos da mesma, assim obtendo médias representativas (D'ALMEIDA ; VILHENA, 2010).

Segundo BERNAL et. al. (1998), há quatro fases de temperatura no processo de compostagem conforme descrito a seguir. A primeira fase é denominada mesófila, onde a temperatura atua na faixa de 40°C, com variação de 2 a 5 dias, caracterizando uma fase com calor moderado, a segunda fase conhecida como termófila na qual a temperatura máxima atua acima de 40°C, produzindo degradação mais rápida, podendo variar de 2 dias a vários meses devido ao tipo de material a ser decomposto, terceira fase titulada como resfriamento, a qual ocorre oscilação da temperatura até atingir equilíbrio com a do ambiente, quarta e última fase a da maturação, a qual ocorre a estabilização do material decomposto, produzindo composto estabilizado, curado, pronto para ser utilizado como adubo, essa fase pode durar semanas ou meses. A seguir está ilustrada na figura 1 a variação da temperatura pelos dias do processo, conforme a fase em que se encontra o experimento.

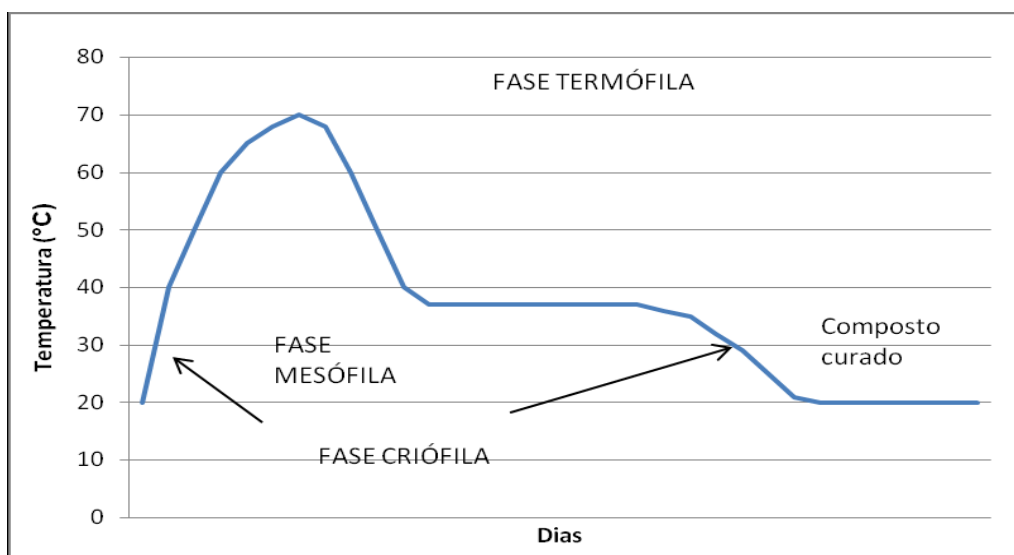


Figura 1 - Curva padrão da variação da temperatura durante o processo de compostagem.

Fonte: KIEHL (2001).

Depois de passado por todas as fases citadas anteriormente o composto está propício para aplicação como substrato nutritivo. O fator mais importante que traz maior auxílio ao cultivado é a matéria orgânica, por trazer fertilidade ao solo e fonte

de energia para os microrganismos encontrados no meio. Também contribui com a melhora das propriedades físicas do solo, agregação, porosidade, capacidade de retenção de água e de retenção de cátions. Os micronutrientes como sódio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre são trazidos juntamente com a matéria orgânica transformada pela compostagem (D'ALMEIDA ; VILHENA, 2010).

3.3 LEGISLAÇÃO VIGENTE

Atuando nas conformidades com a legislação encontra-se a Lei Federal nº 6984 de 16 de Dezembro de 1980 (BRASIL, 1980) que foi regulamentada pelo Decreto nº 4954/2004, o qual dispõe sobre a inspeção, fiscalização e comércio de qualquer tipo de fertilizante, corretivo, inoculante, estimulante ou biofertilizante, destinados à agricultura.

A Instrução Normativa nº 10/2004 do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2004) atua para classificar estabelecimentos produtores e baixar normas relativas às especificações e garantias dos produtos. A classificação dos fertilizantes orgânicos possui legislação própria através da IN nº 25/2009 (BRASIL, 2009). A qual elenca as classes a seguir:

- 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. A questão dos parâmetros críticos como agentes fitotóxicos, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninha, os quais se usam fertilizantes corretivos, melhoradores de solo e substratos para plantas, são elencados através da IN SDA nº 27/2006 (BRASIL, 2009).

Tabela 1 - Especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos

Garantia	Misto/composto			
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Umidade (máx)	50	50	50	70
N total (mín)	0,5	0,5	0,5	0,5
Carbono orgânico (mín)	15	15	15	15
CTC	Conforme declarado			
pH (mín)	6,0	6,0	6,5	6,0
Relação C/N	20	20	20	20
Relação CTC/C	Conforme declarado			
Outros nutrientes	Conforme declarado			

Para que todo e qualquer resíduo ou subproduto possa ser introduzido na agricultura, deve estar autorizado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), atendendo aos limites máximos ou mínimos de parâmetros admitidos em fertilizantes orgânicos, os quais estão apresentados através da Tabela 1 do anexo III da IN 25/2009 (BRASIL, 2009). Para esta pesquisa foi utilizado composto o qual se enquadra na classe B apresentada nesta resolução.

A partir da Lei Federal nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), surgiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que estabelece princípios, objetivos e instrumentos, bem como diretrizes e normas para o gerenciamento dos resíduos sólidos no país. Transferindo ao Estado um papel de direção do desenvolvimento social justo e ambientalmente sustentável.

O principal objetivo da PNRS é conciliar o desenvolvimento em condições sustentáveis, atuando por meio de diretrizes de gestão integrada, gerenciamento de

resíduos sólidos, discriminando responsabilidades aos geradores, poder público e consumidores. Definem também ações preventivas, princípios do poluidor pagador, importância da educação ambiental além do reconhecimento dos resíduos sólidos com um bem econômico e de valor social que deve receber tratamento adequado (BRASIL, 2010).

É importante destacar que na PNRS, no item V do art. 36, há a obrigação do titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos implantar um sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido.

3.4 APLICAÇÃO DO COMPOSTO ORGÂNICO E SUAS LIMITAÇÕES

Após apresentar um composto estabilizado obedecendo às exigências agronômicas, sendo efetivamente de boa qualidade, tornando-o isento de contaminantes e materiais indesejáveis, sua aplicação se torna análoga a de outros fertilizantes orgânicos, como esterco de curral, tornando o biofertilizante com as qualidades a serem aplicadas ao solo. A forma de aplicação se equiparam as adotadas pelos fertilizantes minerais (D'ALMEIDA ; VILHENA, 2010).

Comparando com a aplicação de 20 t.ha^{-1} do biofertilizante ao solo, utilizando um composto com o limite de 40% de umidade, isso equivale a introdução corretiva de 146 kg de nitrogênio, 74 kg de fósforo, como P_2O_5 e 64 kg de potássio, como K_2O . Valores os quais suprem todas as necessidades nutricionais exigidas pelas plantas para um cultivo com qualidade e sucesso, necessitando apenas de suplementação mineral para adequar os valores de fósforo e potássio. Outro exemplo está na utilização do biofertilizante em outras culturas, os quais têm quantidades estabelecidas a partir do que está cultivando. Os cultivos de mudas para viveiros comportam cerca de 20 a 30 litros do composto por m^2 , cultivo de algodão, milho e cereais em geral suportam de 20 a 30 litros por metro linear de sulco e em pastagens de 15 a 20 toneladas de composto por hectare (D'ALMEIDA ; VILHENA, 2010).

A fórmula NPK (12-6-6) é adotada para comparação mantendo proporcionalidade com os valores médios observados para os teores

correspondentes nas amostras de composto orgânico. A relação desses nutrientes encontrados nos fertilizantes minerais comerciais e nos orgânicos, traz uma equivalência de massas média de (1:17), o que representa ao agricultor uma aplicação 17 vezes maior de composto orgânico comparado com o mineral. Outra dificuldade para o sucesso da compostagem orgânica está na aquisição de confiança das potencialidades do produto proveniente de resíduos, o que já é confiado aos fertilizantes minerais (D'ALMEIDA ; VILHENA, 2010).

3.5 SITUAÇÃO DA COMPOSTAGEM NO CENÁRIO NACIONAL

No Brasil encontram-se usinas de triagem e compostagem as quais operam na reutilização de resíduos sólidos urbanos, domiciliares e construção civil. Dentre os 37 municípios brasileiros no ano de 1990 que operavam usinas de compostagem utilizando o método natural, os quais desse total dezessete se encontram paradas ou desativadas, cinco em obras e quinze em operação. Já as usinas que operam pelo método acelerado na mesma ocasião, desse total sete estavam paradas ou desativadas, dez em obras e três operando. O que mostra a evidência da dificuldade de trabalho com compostagem de resíduos no Brasil. Os motivos pela escassez e insucesso das usinas de compostagem estão ligados a vários motivos (D'ALMEIDA ; VILHENA, 2010), dentre eles:

- Promoção mal planejada da instalação de usinas, o que acarretou a disputa dos recursos pelos construtores, cujas convicções técnicas e mercadológicas nem sempre foram ao encontro das necessidades dos municípios;
- Ausência de capacitação institucional e/ou gerencial e/ou operacional para condução das atividades;
- Entendimento equivocado das usinas como capazes de “fazer desaparecer o lixo”, com a conseqüente ausência de previsão de espaço – e de capacitação operacional – para instalação dos necessários aterros sanitários receptores de rejeitos;

- Exploração do argumento sobre geração de empregos (por exemplo para absorver catadores do lixão), como motivação social da opção pelas usinas;
- Ausência de integração orçamentária, institucional e operacional das usinas com o serviço de limpeza pública local;
- Localização inadequada das usinas, acarretando problemas ambientais e a consequência rejeição ao seu funcionamento pela população afetada;
- Questões ligadas às disputas político- partidárias locais ou a preconceitos, chegando a acontecer a paralisação das atividades de uma usina recém inaugurada devido, simplesmente à mudança de governo;
- Antevisão equivocada dos gestores municipais da possibilidade de lucro operacional das usinas;
- Incapacidade de obter produtos com as características de qualidade necessárias para uso agrícola, em virtude da má operação da usina.

No Brasil a operação de usinas utilizando o método acelerado estão distribuídas pelos municípios, Boa Vista (RO), Belém (PA), Belo Horizonte (MG), Uberaba (MG), Rio de Janeiro (RJ), São José dos Campos (SP), Santo André (SP) e São Paulo (SP) (D'ALMEIDA ; VILHENA, 2010).

3.6 RESÍDUOS DE PODA URBANA

A arborização urbana proporciona inúmeros benefícios à população, melhorando o microclima, estéticas da cidade, controle de poluição sonora, visual e atmosférica. Seu desenvolvimento no interior de cidades, parques, vem se tornando uma dificuldade, ao passo em que entra em contato com as redes de energia elétrica, tornando desafios para as prefeituras e concessionárias de energia elétrica (MELLO FILHO, 1985). Para o desenvolvimento das árvores juntamente com a possibilidade de transmissão de energia à cidade, se torna necessária à poda

desses indivíduos permitindo a coexistência da vegetação sem causar prejuízos aos serviços municipais (VELASCO, 2003).

Com a poda são gerados diretamente os resíduos arbóreos os quais vêm sendo uma dificuldade na questão da gestão desses materiais, onde quase sempre os responsáveis não destinam ou se quer sabem como devem ser feita a destinação final desses resíduos. A inexistência de locais para a destinação e o custo elevado para tratamento desses resíduos potencializam a má destinação, o que vem agravando a degradação do ambiente (CORTEZ et.al., 2008).

Segundo estudo realizado por Cortez et.al. (2008), dos municípios analisados foi constatado que 70% descartam seus resíduos de podas nos aterros sanitários e lixões, o que não é considerado adequado. No mesmo estudo foram levantadas as alternativas encontradas para a deposição desse material, nem sempre na forma correta. São elas: disposição final direta em solos próximos a fragmentos florestais, disposição em aterro sanitário, disposição em lixões, compostagem, queima descontrolada, reutilização e reciclagem como fonte de energia.

A queima em caldeira de resíduos arbóreos pode ser utilizada na produção de vapor para geração de energia. Esse tipo de reaproveitamento produz material particulado o qual tem potencial impactante negativo, devido a esse material emitido torna necessário o controle de emissões da caldeira, possivelmente com instalação de filtro de manga ou lavadores de gases (CORTEZ et.al, 2008).

A reutilização dos resíduos de podas age de forma sustentável por meio da economia de matérias primas, aonde os resíduos irão ser reutilizados como estrutura primária para a construção de cercas, confecção de bancos, entre outros. Essa prática age de forma benéfica por impactar positivamente nas destinações finais dos resíduos.

A compostagem dentre os métodos de destinação citados no texto vem sendo considerada uma das melhores opções, devido o fato da valorização de reaproveitamento da matéria orgânica, ou seja, atuando na recirculação dos derivados de carbonos contidos nos materiais de podas. O que acaba produzindo um material compostos que equipara aos benefícios que os produtos sintéticos liberam para o meio, podendo até superar os benefícios dos fertilizantes sintéticos. É uma forma de devolver substâncias ricas aos solos, melhorar a estrutura do solo, aumentar a capacidade de retenção de água ao solo, diminuir o impacto erosivo, sem que utilize substâncias sintéticas (CORTEZ et.al., 2008).

3.7 RESÍDUO DE GESSO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Atualmente a grande dificuldade ambiental encontrada pelos municípios está ligada ao aumento da geração de lixo, o que necessita de um gerenciamento adequado pelo Poder Executivo. Em 2011 foi registrado um montante de 61.936.368 toneladas de resíduos sólidos urbanos, dentre os quais 33.244.000 toneladas são de resíduos de construção civil. O gesso é um dos constituintes dos resíduos da construção civil que mais traz preocupações com o seu destino final. A geração é de 0,0164 kg.(hab.dia)⁻¹, tratando-se de um resíduo de grande dificuldade e onerosidade na sua destinação final (BUONO ; COSTANZI, 2013).

Segundo a Resolução nº 307 de 5 de julho de 2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2002), o gesso em seu artigo 3º se enquadrava na classe “C”, onde estavam elencados os resíduos que ainda não possuíam tecnologias desenvolvidas ou aplicações economicamente viáveis que permitiam a sua reciclagem e/ou recuperação.

O CONAMA em 24 de maio de 2011 juntamente com sua câmara teve por vez a alteração da resolução nº 307 de 5 de julho de 2002. Essa alteração foi por meio da estruturação de uma nova resolução, titulada como resolução nº 431 de 24 de maio de 2011, transferindo o gesso da classe “C” para resíduo de classe “B”, o que inclui juntamente com os resíduos recicláveis, plásticos, papel, papelão, metais, vidros e madeira (BRASIL, 2011).

Com essa alteração o gerador terá mais alternativas para destinação do gesso, podendo conseguir transferir valores positivos e viáveis economicamente. As alternativas estão relacionadas ao reprocesso produtivo do gesso, na indústria de cimento onde atua como retardador, na produção do gesso agrícola que atua na correção de acidez do solo, na compostagem, forração para animais, absorvente de óleo e secagem de lodo (PICOLLOT ; WERNER, 2011).

A introdução do gesso da construção civil na compostagem pode auxiliar na diminuição do decaimento do nitrogênio disponível no composto, trazendo benefícios ao material a ser introduzido ao solo, como apresentado por Tubail et. al. (2008), o que fomenta ainda mais a necessidade de reciclagem do gesso proveniente da construção civil utilizando a técnica de compostagem.

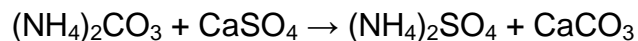
Para reciclagem e destinação final dos resíduos de gesso provenientes da construção civil, alguns procedimentos deverão ser respeitados e seguidos para que não ocorra contaminação desse resíduo. No envio para reciclagem ou destinação final, os resíduos devem ser coletados, transportados, armazenados e destinados de forma correta e segura. A coleta inicial deverá ocorrer no próprio canteiro de obra, armazenando os resíduos em locais específicos, onde estarão separados dos outros resíduos como, madeira, metais, papéis, restos de alvenaria e lixo orgânico. Os resíduos devem ser destinados sem que haja acúmulo exagerado na obra, tendo em vista o melhor acondicionamento e homogeneidade. O armazenamento deverá ser em local coberto, com chão impermeável, em caçamba ou não, sem que haja contato com água. O transporte deverá estar conforme o que o município averbou como regra, anexando documentos de comprovação de retirada e destino legal. As empresas de transportes devem estar cadastradas nos órgãos municipais, os quais irão autorizar a circulação. O município de São Paulo produziu um documento de transporte titulado como Controle de Transporte de Resíduos (CTR), o qual irá servir de prova que o transporte está conforme as regras do município, também agindo como documento de fiscalização por meio dos órgãos de fiscalização (DRYWALL, 2012).

Já existe em alguns municípios nas regiões sul e sudeste as Áreas de Transbordo e Triagens (ATT's), locais os quais devem estar devidamente licenciados, onde os resíduos de gessos entre outros poderão ser armazenados e homogeneizados para serem vendidos para reciclagem (DRYWALL, 2012).

Os resíduos da construção civil na qual se inclui o gesso como citada acima ao serem reciclados contribuem de forma efetiva para inúmeros benefícios, tais como:

- Diminuição no consumo dos recursos naturais não renováveis (ÂNGULO et.al., 2002);
- Redução das áreas para aterro, devido ao decréscimo do volume dos resíduos a serem aterrados (PINTO, 1999);
- Redução do consumo energético na produção (JOHN, 2000);
- Redução da poluição: por exemplo para a indústria de cimento, que reduz a emissão de gás carbônico utilizando escória de alto forno em substituição ao cimento portland (JOHN, 2000).

Conforme o já citado no texto o gesso em mistura na compostagem tem a característica de diminuir o decaimento do nitrogênio no composto. Taucher & Adler (1965) apresentaram a seguinte reação para explicar este controle:



Analisando outros estudos, o gesso na compostagem trouxe outra característica ao composto, a diminuição do pH na amostra, onde estudos com cama de frango misturado com proporções de gesso (40%) apresentaram um pH inferior aos experimentos com quantidade mínimas de gesso. Isso se deu pelo fato da concentração do gesso ter sido muito considerável, ou seja, 40% do total da cama de frango, o que em conjunto com a sua capacidade de absorver umidade, ocasionou na diminuição da atividade das bactérias produtoras de amônia, reduzindo assim o pH (OLIVEIRA et.al., 2003).

3.8 RESÍDUO DE ESTERCO EQUINO

O esterco equino é um resíduo pouco utilizado em misturas para utilização como substratos para plantas. As dejeções dos equinos são comparadas com a porção inferior da serrapilheira sofrendo decomposição semelhante, a qual disponibilizam inúmeros nutrientes para os vegetais em desenvolvimento. A sua utilização na compostagem contribui para a melhora da qualidade do substrato, pois aumenta a sua capacidade de retenção de água, porosidade e agregação, além de fornecer nutrientes para as plantas (WEDLING; GATTO, 2002).

Em estudos realizados por Knapik e Angelo (2006) são apresentadas inúmeras características de substratos processados em misturas com esterco equino. Dentre as quais estão a disponibilidade de ótimas concentrações de magnésio e nitrogênio encontradas nas folhas das plantas cultivadas neste substrato. Também citam a baixa disponibilidade de Ferro, o qual as plantas utilizam para obter clorofilas. Por fim, citam uma boa contribuição do esterco equino com a melhoria das condições físicas do solo, aumentando a porosidade e granulometria.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O presente estudo foi realizado na área de um complexo onde se encontra um aterro de resíduos da construção civil e uma usina de triagem e reciclagem, situado no município de Campo Mourão, no Paraná, o qual é devidamente licenciado junto ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

O município de Campo Mourão (Figura 2) está localizado no terceiro planalto paranaense na porção centro ocidental do Estado do Paraná, entre as coordenadas geográficas 24°2'38" de latitude sul e 52°22'40" de longitude oeste e altitudes de 349 a 759 m (SILVEIRA et.al., 2002). O município se encontra numa região com clima, subtropical úmido mesotérmico (Cfa) com verões quentes e poucas geadas, com a concentração de chuva nos meses de verão, as médias das temperaturas máximas variam de 27 a 29°C e as mínimas de 15 a 18°C (IAPAR, 1978).

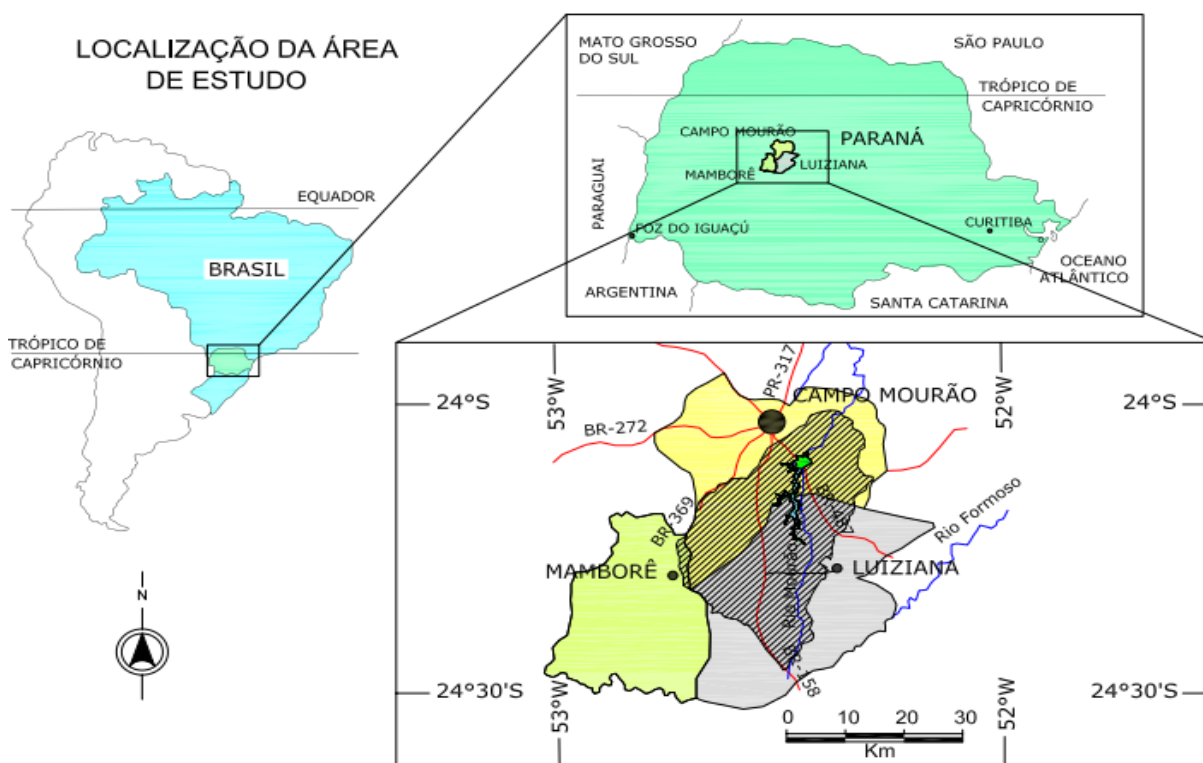


Figura 2

Figura 2 – Localização de Campo Mourão no estado do Paraná.

4.2 COLETA DOS RESÍDUOS

Os resíduos de podas vegetais e gesso foram recebidos na Empresa de coleta e reciclagem de resíduos da construção civil por meio de caçambas de coletores particulares, os quais direcionaram os resíduos de construção civil e volumosos para a Usina de Triagem e Reciclagem a fim de serem triados, reciclados ou aterrados conforme a resolução vigente.

Após a chegada dos materiais, parte dos volumosos como é o caso de podas de árvores urbanas, jardinagem e limpezas em geral foram triadas para o pátio do triturador, onde foram trituradas para produzir material de compostagem. Após a trituração, esse material foi encaminhado para o pátio de compostagem, onde foi misturado juntamente com esterco equino e gesso.

O gesso também foi destinado para o aterro, embora não possa ser aterrado, ele é retirado no processo inicial de triagem e em seguida devolvido para a empresa geradora ou enviado para aterro industrial. Porém, para o experimento, parte do gesso recebido foi utilizada no processo de compostagem. Já o esterco equino não é recebido no aterro, esse resíduo foi conseguido junto a um produtor rural de Campo Mourão-PR.

4.3 ESTRUTURAÇÃO E COMPOSIÇÃO DAS LEIRAS

Após o recebimento e preparação dos resíduos (esterco, de poda e gesso), foram montadas quatro leiras, sendo uma considerada a leira testemunha (leira 1), composta apenas com esterco equino e resíduos de poda, e três leiras montadas com os resíduos citados e também com os resíduos de gesso da construção civil em diferentes porções (leira 2, leira 3, leira 4). Porém, antes da montagem das leiras, para definição das quantidades adequadas de cada resíduo, foram feitas análises iniciais dos compostos integrantes do experimento, onde foram obtidos percentuais de umidade dos resíduos (Tabela 2), a partir de métodos da Embrapa (1997).

Tabela 2 - Umidade dos resíduos utilizados na compostagem

Resíduos	Umidade média (%)
Poda	34,3
Esterco equino	53,6
Gesso	0,7

Com os valores de umidade obtidos, foi definido inicialmente uma mistura para a leira 1 de resíduos de poda e de esterco equino, considerando um proporção de 2:1, tomando como base as matérias-primas secas. As leiras 2, 3 e 4 tiveram uma mistura inicial idêntica a leira 1, porém foram adicionados respectivamente 5, 10 e 20% de resíduo de gesso na montagem das leiras, em relação a soma das massas de poda e esterco, sempre levando em consideração as massas nas bases secas.

As quatro leiras foram montadas de acordo com as misturas conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição das leiras de compostagem do experimento

LEIRA		COMPOSIÇÃO		
		Podas (kg)	Esterco equino (kg)	Gesso (kg)
1	Matéria úmida	565	400	----
	Matéria seca	371,2	185,6	----
2	Matéria úmida	565	400	28
	Matéria seca	371,2	185,6	27,8
3	Matéria úmida	565	400	56
	Matéria seca	371,2	185,6	55,7
4	Matéria úmida	565	400	112
	Matéria seca	371,2	185,6	111,3

A montagem foi realizada manualmente por funcionários do aterro da construção civil, utilizando como equipamentos um carrinho de mão, pá, rastelo e

enxada. Após a montagem do experimento foram monitorados alguns fatores que interferem diretamente na vida microbiana presente na massa em decomposição, a umidade, o pH e os sólidos voláteis, analisados em dois momentos, no decorrer da compostagem. A temperatura foi monitorada a partir do mês de novembro, aproximadamente depois dos 45 dias do início do tratamento. Na Figura 3 são apresentadas as quatro leiras montadas para a pesquisa.



A



B



C



D

Figura 3 - Montagem das leiras utilizadas na pesquisa. (A) Leira 1, (B) Leira 2, (C) Leira 3 e (D) Leira

4.4. MONITORAMENTO DA COMPOSTAGEM

As leiras foram revolvidas manualmente para fim de aeração, seguindo a mesma técnica desenvolvida por Queiroz (2007),. O revolvimento foi realizado em média uma vez por semana nas três primeiras fases (mesófila termófila e resfriamento). Já na última fase (maturação) o revolvimento não foi realizado, devido à inexistência ou pouca existência, de micro-organismos aeróbios. Nesse experimento diferentemente do realizado por Queiroz (2007), as leiras foram revolvidas por um todo, com o objetivo de melhorar a aeração do composto.

Após a montagem das leiras foram monitorados parâmetros de extrema importância como temperatura e umidade. A temperatura foi monitorada diariamente por meio de Termômetro Espeto Digital, com escala 50°C a 300°C da marca e modelo Thermometer WT-1. Durante o monitoramento do processo foram definidos três pontos de monitoramento, sendo um ponto na parte superior (topo) da leira, um no ponto médio e um no ponto inferior (base), conforme indicado na Figura XX. Houve ainda a medição da temperatura ambiente com o mesmo termômetro a fim de comparar as temperaturas das leiras e verificar o estágio do processo de compostagem.

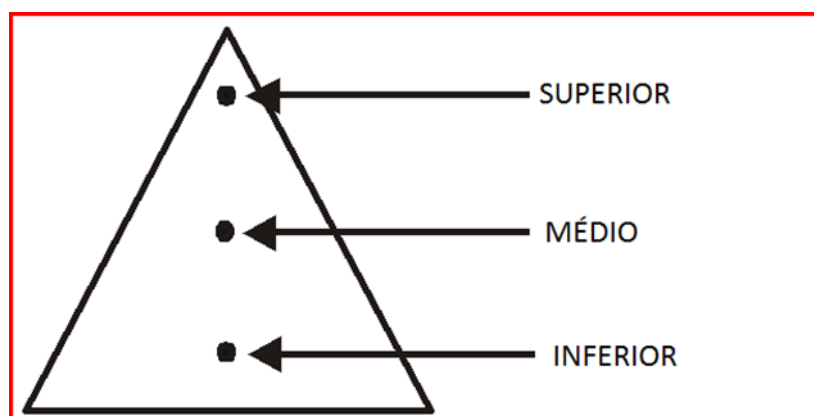


Figura 4 - Locais de medição de temperatura nas leiras

A umidade foi analisada em laboratório em duas etapas no decorrer do experimento, também aconteceram semanalmente observações visuais e testes manuais que se deram por pegar pequenas amostras do material em processo de compostagem e observar se escorria água entre os dedos, processo que este foi repetido uma vez por semana, afim de correção de umidade.

A determinação da umidade gravimétrica é um método padrão, reconhecido e aceito para a avaliação da umidade em substâncias orgânicas em geral (EMBRAPA, 1997). O ensaio consistiu na secagem do material em estufa com temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, entre 12 e 72 horas, até massa constante (KIEHL, 1985). A Equação (1) foi utilizada para obtenção da umidade.

$$Umidade(\%) = \frac{(P_2 - P_3) \times 100}{(P_2 - P_1)} \quad (1)$$

Sendo: P_1 : Massa da cápsula de porcelana vazia;

P_2 : Massa cápsula de porcelana vazia + massa da amostra úmida;

P_3 : Massa cápsula de porcelana vazia + massa da amostra seca.

A quantificação dos sólidos voláteis presentes nas amostras de compostagem foi realizada através da secagem das amostras em forno tipo mufla, a uma temperatura máxima de 450°C durante um período de 2 horas (KIEHL, 1985). A Equação (2) foi utilizada para calcular os sólidos voláteis, em porcentagem.

$$Sólidos\ voláteis(\%) = \frac{(P_3 - P_4) \times 100}{(P_3 - P_1)} \quad (2)$$

Sendo: P_1 : Massa da cápsula de porcelana vazia;

P_3 : Massa da cápsula de porcelana vazia + massa da amostra retirada da estufa;

P_4 : Massa da cápsula de porcelana vazia + massa da amostra retirada da mufla.

O pH foi monitorado em duas etapas no decorrer do experimento, que aconteceu no Laboratório de Solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão. O pH foi analisado seguindo metodologia de Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21 st edition, 2005 – 4500 H + B, utilizando um pH-metro Digimed DM-2 (Eaton, 1995).

O processo de compostagem durou cerca de 120 dias, período o qual foi observado que o composto foi curado e estabilizado, devido à temperatura na massa decomposta atingir um valor próximo a temperatura ambiente. Ao final do experimento foram realizadas análises laboratoriais dos parâmetros a serem analisados, conforme estabelecido no anexo III da Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, qual traz parâmetros aos fertilizantes orgânicos mistos e compostos, sendo a Umidade, Nitrogênio total, Carbono orgânico (C), Capacidade de troca catiônica (CTC), pH, Relação C/N e relação CTC/C (BRASIL, 2009).

Para obtenção das análises referentes ao anexo III citado anteriormente, foram utilizados os métodos encontrados no Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais, e corretivos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2007). Deste material foram utilizados métodos que se encontram citados no capítulo III, o qual enquadram os Fertilizantes Orgânicos e Organominerais. Para obtenção das análises, inicialmente utilizou técnicas de preparo das amostras encontradas no item A deste manual, em seguida foram utilizados métodos para medição de pH e umidade, os quais são descritos pelo item C.1 e D1.3 do manual citado, onde a umidade é obtida após ser aquecida amostra a 65°C. Por fim, foram analisadas a parcela de Carbono orgânico e Capacidade de Troca Catiônica (CTC) com base nos métodos constantes nos itens D.10 e D.11, respectivamente.

4.5 ESTUDO DA LEGISLAÇÃO VIGENTE PARA FINS DE COMPARAÇÃO COM O EXPERIMENTO

Durante o experimento foi analisada a legislação vigente que está relacionada à produção de fertilizante orgânico. Foi utilizada a Lei Federal Nº 6.894 de 16 de dezembro de 1980, a qual é regulamentada pelo Decreto Nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004 e representado pela Instrução Normativa Nº 25, de 23 de julho de 2009, o qual traz no Anexo III, as especificações para a produção e comercialização de fertilizantes orgânicos simples, mistos e compostos.

O anexo III desta resolução traz limites de parâmetros como: umidade, nitrogênio total, carbono orgânico, capacidade de troca catiônica (CTC), relação

carbono/nitrogênio, relação capacidade de troca catiônica/carbono orgânico e outros nutrientes.

A Tabela 4 apresenta os parâmetros com os respectivos limites aceitáveis para os compostos da Classe B.

Tabela 4 – Especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos

Parâmetros	Misto/composto
	Classe B
Umidade (máx)	50
N total (mín)	0,5
Carbono orgânico (mín)	15
CTC	Conforme declarado
pH (mín)	6,0
Relação C/N	20
Relação CTC/C	Conforme declarado
Outros nutrientes	Conforme declarado

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

A quantidade de massa para cada resíduo a ser misturado para formar as leiras, foi calculado pela Equação (1) a partir dos valores médios de umidade. Os sólidos voláteis foram calculados pela Equação (2) e também foram obtidos os valores do pH, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Caracterização das matérias primas

Resíduo	Umidade média (%)	Sólidos Voláteis (%)	pH
Poda	34,3	88,4	5,8
Esterco equino	53,6	81,4	8,6
Gesso	0,7	19,0	8,2

Conforme o apresentado na Tabela 5 foi possível observar valores de 34,3% e 53,6% do teor de umidade para as matérias-primas, poda e esterco equino, respectivamente. Apresentando uma proporção aproximadamente de 2:1 entre esses resíduos, o que influenciou na estruturação das leiras. O gesso foi encontrado 0,7% de umidade na sua massa, valor não considerável para estruturação das leiras. Os valores dos sólidos voláteis estão relacionados com a presença de compostos oriundos de carbono, o que foi possível observar nos valores para as podas e o esterco equino, os quais detêm maiores compostos orgânicos em comparação com o gesso.

5.2 TEMPERATURAS E PRECIPITAÇÃO

O monitoramento da temperatura tem muita importância para o processo de compostagem, em virtude de este parâmetro ser uma variável que permite avaliar o

estágio e a ocorrência da decomposição da matéria orgânica, visto que o aumento da temperatura provavelmente está relacionado com o crescimento e desenvolvimento dos micro-organismos atuantes na compostagem. Com a obtenção das temperaturas na compostagem foi importante compará-las com as temperaturas ambientes para observar as diferenças entre ambas.

A Figura 4 apresenta a evolução da temperatura ambiente no local onde foram montadas as leiras de compostagem do experimento. As leituras no termômetro foram realizadas no período da manhã, juntamente com as medições de temperaturas no interior das leiras a fim de comparações.

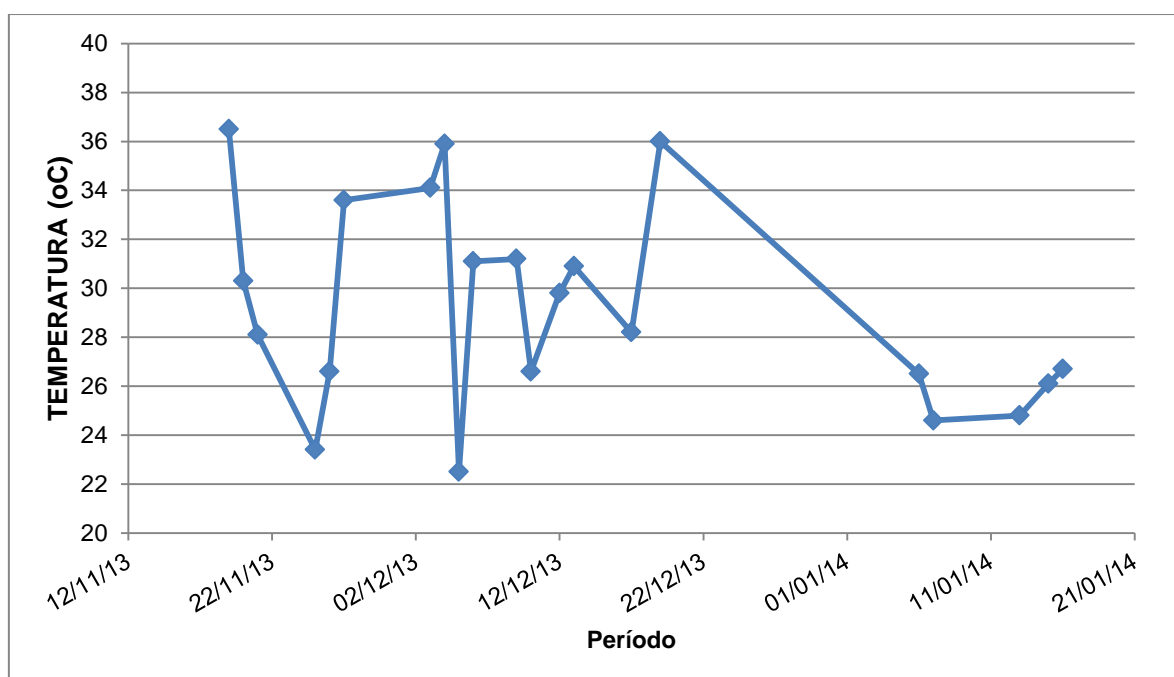


Figura 5 – Evolução da temperatura ambiente nos dias de medição de temperatura nas leiras

Pode-se observar no gráfico que as temperaturas oscilaram de forma considerável no período monitorado, variando de 22°C a 37°C. A temperatura máxima no experimento foi obtida no dia 19 de novembro de 2013 e a mínima no dia 5 de dezembro de 2013. Também foi possível observar reduções repentinas de temperatura nos dias 24 de novembro e 4 de dezembro, ambos em 2013.

A Figura 5 apresenta o gráfico com as precipitações nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro do ano de 2013, cujos dados serviram para discussão com as variações das temperaturas ambientes e nas leiras.

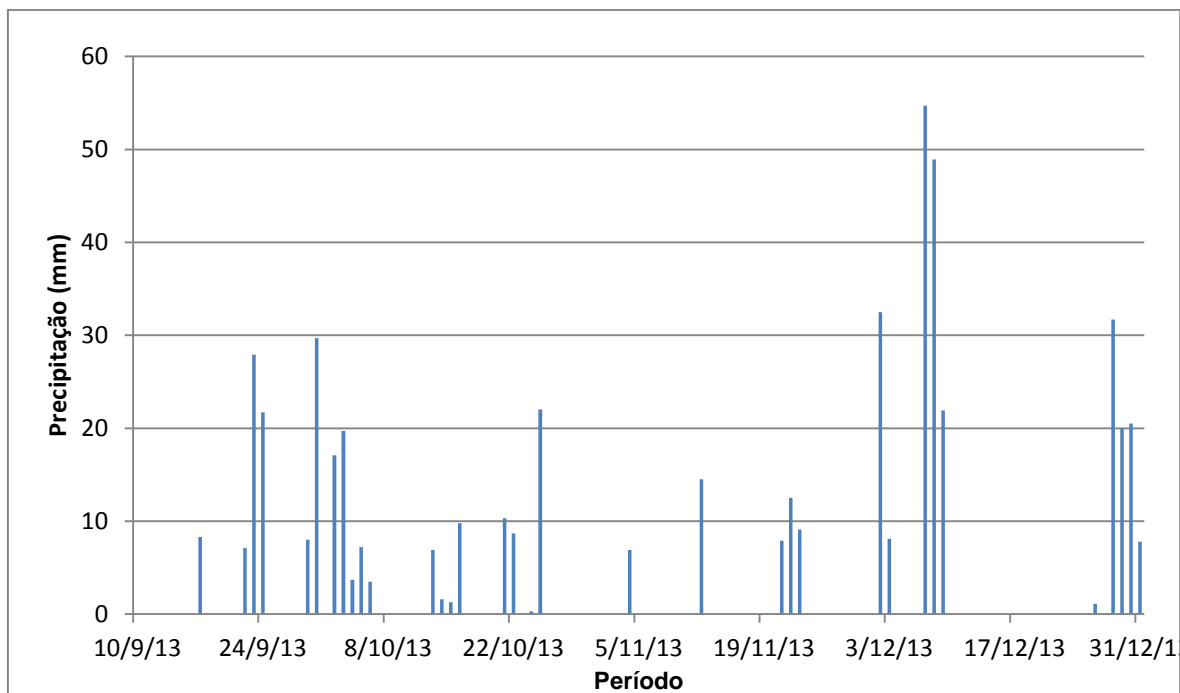


Figura 6 - Precipitações de setembro a dezembro em 2013

Fonte: AGUASPARANÁ (2013).

Nas leiras de compostagem foram realizadas medições de temperatura nos pontos superior, médio e inferior durante parte do período de compostagem. A Figura 7 apresenta a evolução da temperatura na leira 1.

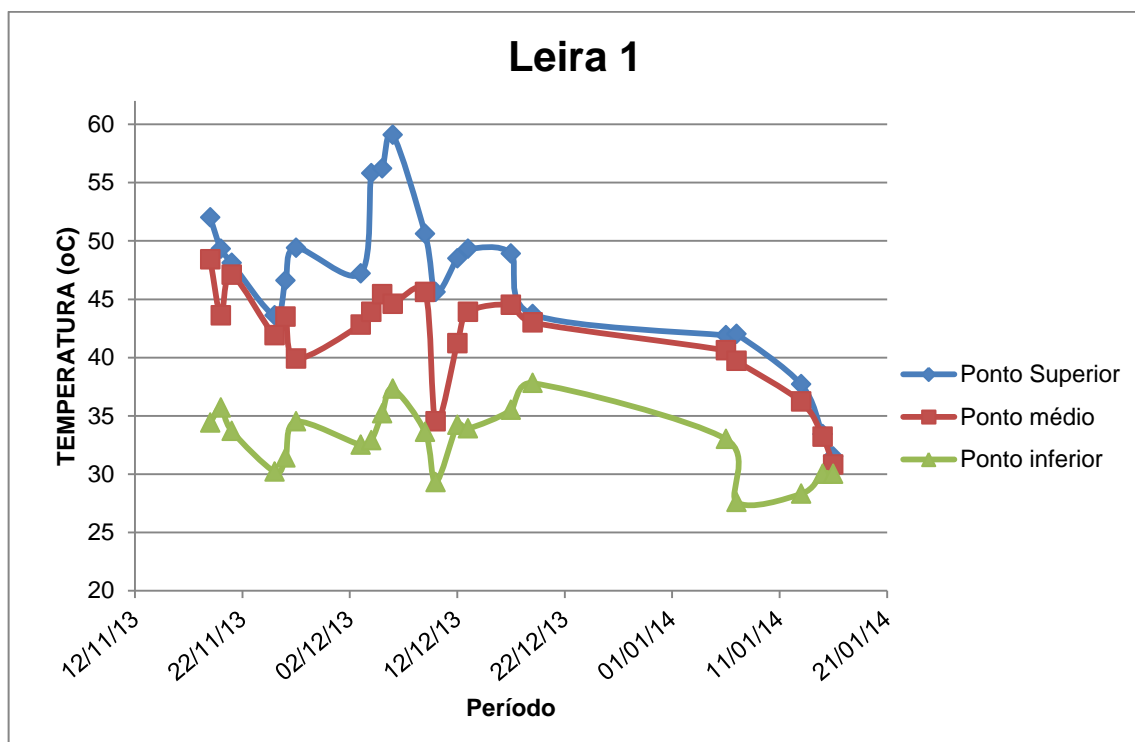


Figura 7 - Evolução da temperatura na Leira 1

Observa-se na Figura 7 que o experimento apresentou no seu segundo mês de processo (novembro), temperaturas nas faixas de 52°C no ponto superior da leira, 48°C no ponto médio e 35°C no ponto inferior, superando a temperatura ambiente na mesma época. Neste segundo mês o experimento estava na fase termófila confirmando o que defende Bernal et. al. (1998), os quais citaram que as temperaturas nessa fase são superiores a 40°C, como se pode ver apenas o ponto inferior da leira 1 não estava acima dos 40°C, fato que este que pode estar associado a menor quantidade de oxigênio no local, devido a maior massa depositada, por se tratar de leiras cônicas. Houve uma dificuldade de movimentação deste ponto na leira, resultando em uma diminuição do contato com oxigênio do ambiente, além de da influência da temperatura no solo, já que a leira foi montada diretamente no solo, sem nenhum tipo de estrutura de impermeabilização ou isolamento térmico.

Ao analisar a Figura 7 foi possível observar a duração da segunda fase (termófila) na leira 1, a qual segundo Bernal et. al. (1998) pode durar de 2 dias a alguns meses. Nesse experimento essa fase durou até o dia 4 de janeiro de 2014, ou seja, um período de 99 dias, a qual estava no início do último mês do experimento, onde foi possível observar a queda da temperatura, atingindo valores inferiores a 40°C atingindo valores próximos da temperatura ambiente conforme a fase de resfriamento e maturação.

Na Figura 8 tem-se a evolução da temperatura nos pontos superior, médio e inferior da Leira 2.

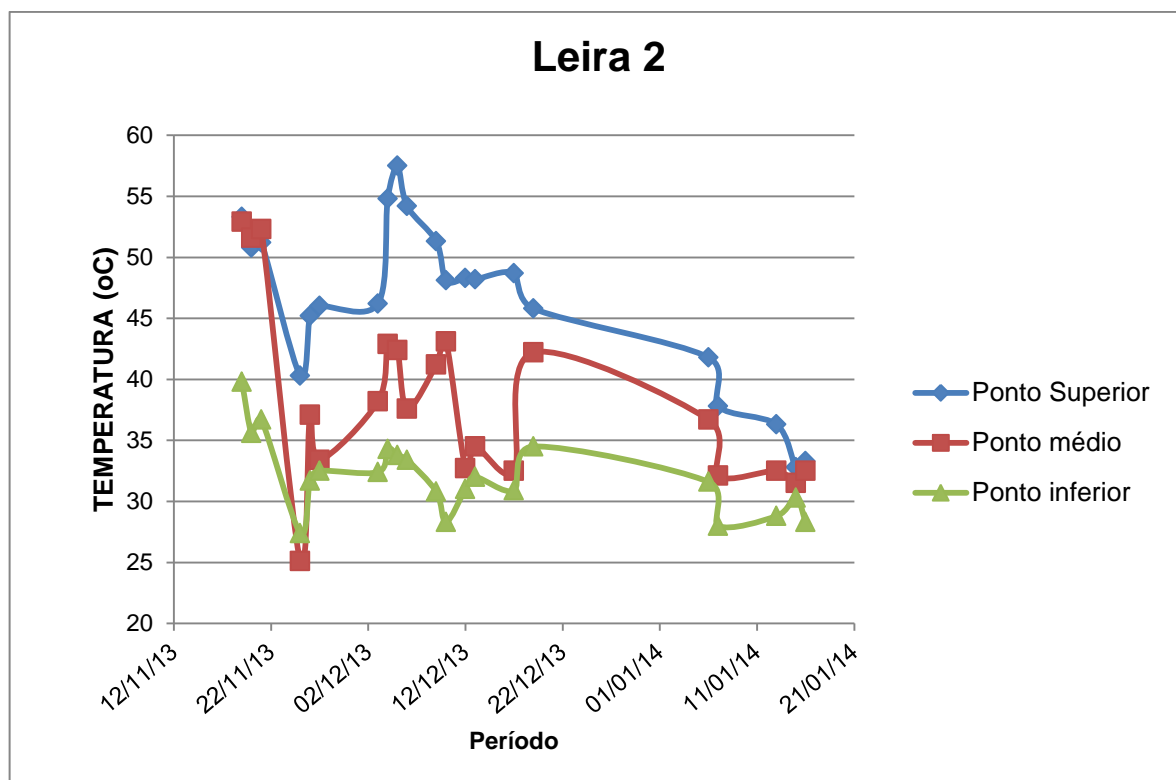


Figura 8 - Evolução da temperatura na Leira 2

Observa-se na Figura 8, valores de temperatura próximos aos encontrados na leira 1, apresentado na Figura 7, onde na leira 2 a mínima foi de 24°C e a máxima de 58°C.

Na leira 2, as medições das temperaturas também iniciaram-se na fase termófila, ou seja, com temperaturas superiores a 40°C. Esta fase conforme também observado na leira 1 durou 99 dias do início da compostagem, passando para a fase de resfriamento e maturação com a redução da temperatura neste período. Na leira 2 diferentemente do observado na leira 1, todas as temperaturas dos pontos iniciaram acima dos 40°C o que pode ter sido resultado de um melhor revolvimento da leira 2 em comparação com a leira 1.

Observa-se no início das medições de temperatura uma queda considerável nos valores dos três pontos monitorados, chegando à mínima de 26°C no ponto inferior. O motivo destas reduções foi a precipitação considerável sobre a massa em decomposição nos dias 21, 22 e 23 de novembro de 2013, com alturas de 7,9, 12,5 e 9,1 milímetros respectivamente. Outra observação importante ocorreu no dia 4 de dezembro de 2013 com um decréscimo repentino das temperaturas, fato também influenciado por precipitações de 32,5 e 8,1 milímetros nos dias 2 e 3 de dezembro, respectivamente.

Na Figura 9 tem-se a evolução da temperatura nos pontos superior, médio e inferior da Leira 3.

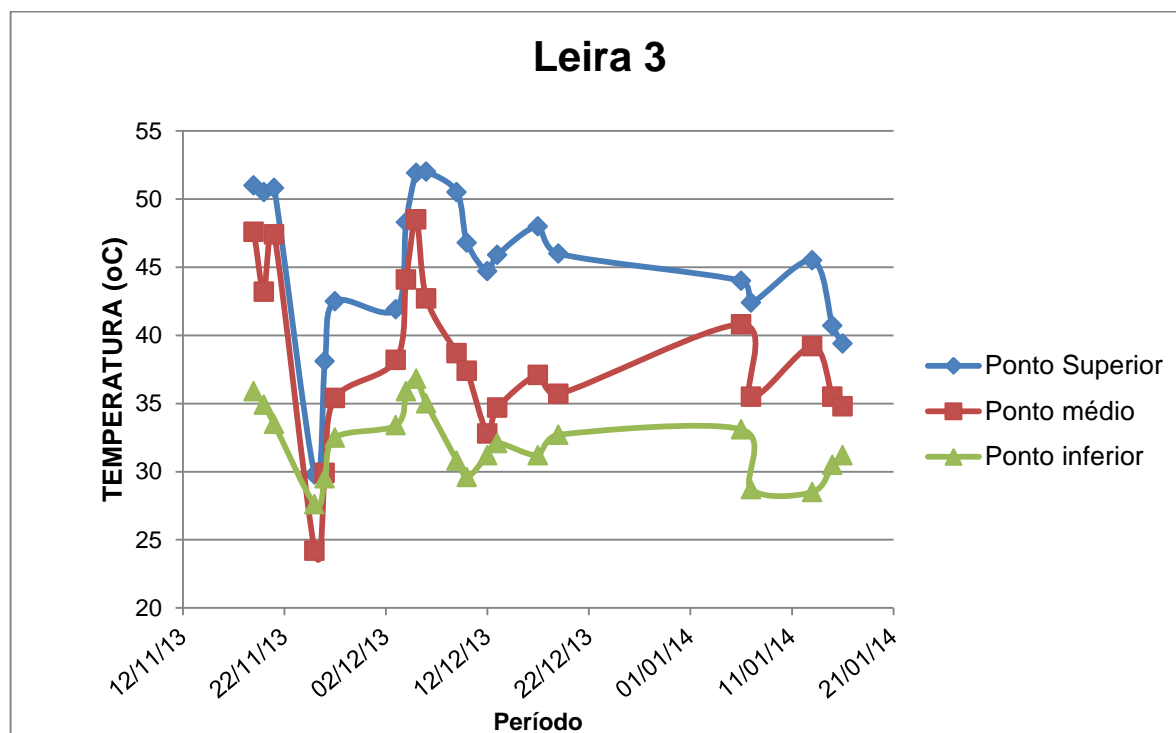


Figura 9 - Evolução da temperatura na Leira 3.

Conforme se observa na Figura 9, que apresenta a evolução da temperatura nos pontos superior, médio e inferior da leira 3, valores de temperaturas máximas inferiores aos das leiras 1 e 2, valores menores com diferenças de 5 a 10°C, respectivamente. A leira 3 foi montada com uma porcentagem considerável de gesso, cerca de 10% da massa total seca da leira.

Na leira 3 também ocorreu queda repentina da temperatura ocasionadas pelas chuvas dos dias 21, 22 e 23 de novembro e 2 e 3 de dezembro de 2013, todas conforme dados do AGUASPARANA (2013), apresentado na Figura 5.

A fase termófila na leira 3 também encerrou-se no dia 4 de janeiro de 2014, o que se observou pela queda da temperatura a valores próximos ou inferiores a 40°C, dando início as fases de resfriamento e maturação conforme o justificado por Bernal et. al. (1998).

A Figura 10 apresenta as temperaturas da leira 4, a qual foi montada com 20% de gesso em relação a sua massa total.

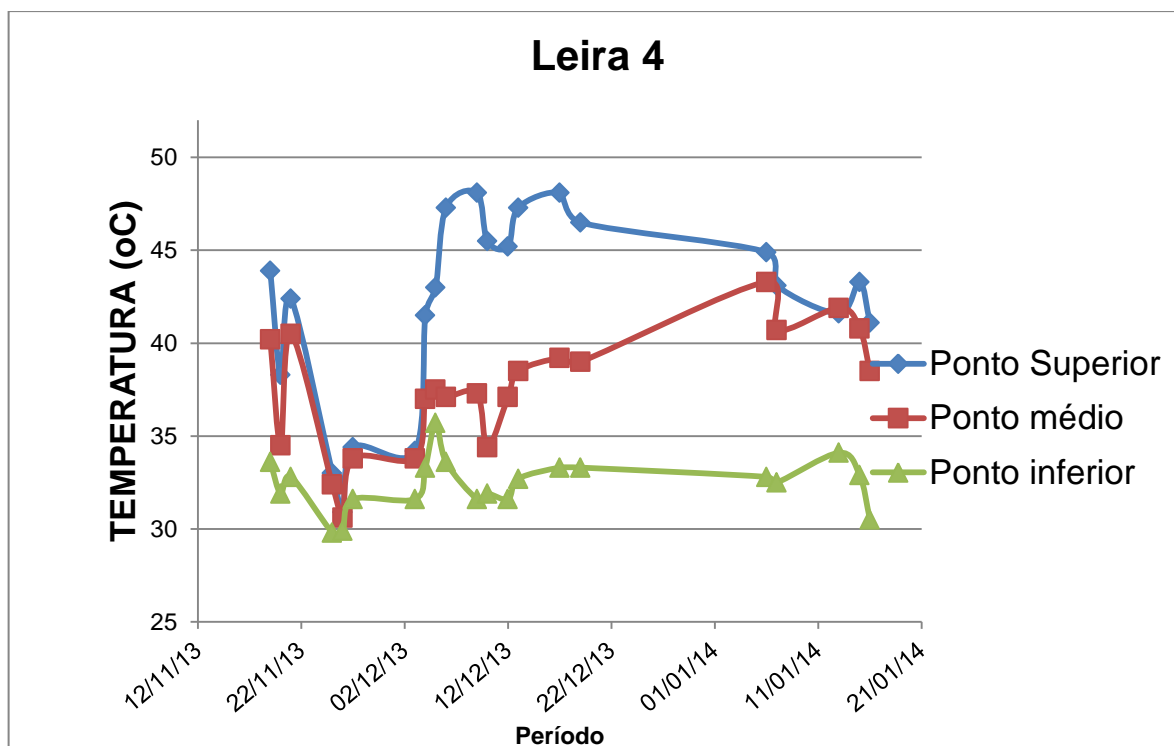


Figura 10 - Evolução da temperatura na Leira 4

Pode-se observar na leira 4, temperaturas máximas inferiores quando comparadas com as leiras 1 e 2, sendo assim, o gesso adicionado pode ter influenciado principalmente no início do processo, dificultando o aumento de temperatura na massa em decomposição.

No início do monitoramento é notado que os pontos médio e superior já se encontram em temperaturas compatíveis com a fase termófila, já o ponto inferior se encontra a temperatura inferior a 40°C. A fase termófila nesta leira também se encerrou no dia 4 de janeiro de 2014 condizendo com as outras 3 leiras, passando para as fases de resfriamento e maturação do composto.

5.3 UMIDADE

A Figura 11 apresenta a variação em porcentagem da umidade a partir do segundo mês de experimento até o término da compostagem.

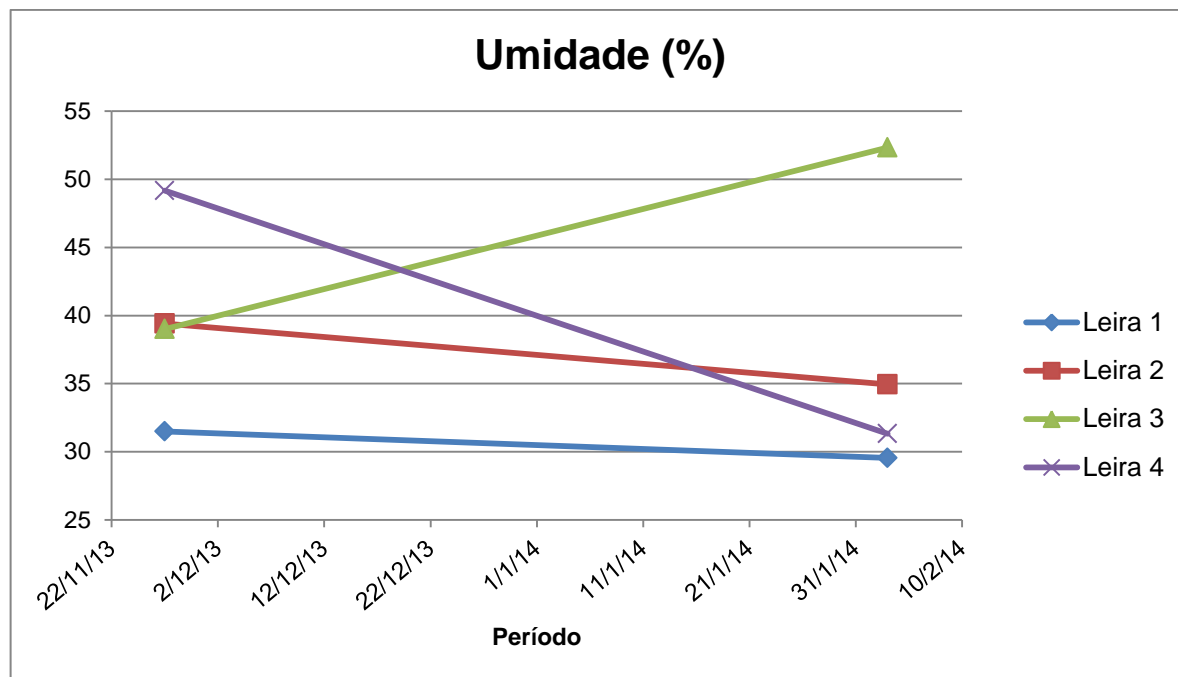


Figura 11 – Variação da umidade ao longo do processo

Analisando a Figura 11 nota-se que as leiras 1, 2 e 4 tiveram um decaimento considerável na porcentagem de umidade, no período do experimento, perdendo umidade para o ambiente chegando a valores inferiores ao valor mínimo adequado de 40%, o que pode implicar na redução da decomposição. Essa queda da umidade pode ter sido desencadeada por dificuldades em introdução de água na massa, devido à inexistência de equipamentos para esta finalidade, embora durante o experimento tenham ocorridas épocas com chuvas consideráveis.

Diferentemente do observado nas leiras 1, 2 e 4, a Leira 3 apresentou valores de umidade adequadas no decorrer do experimento, alcançando porcentagens ótimas próximas a 55% conforme o sugerido por Fernandes e Silva (1999), possibilitando uma melhor decomposição da matéria orgânica realizada pelos micro-organismos presentes na massa. O melhor desempenho na leira 3 pode ter ocorrido devido a melhor capacidade de retenção de água no interior desta leira, em comparações com as demais, diminuindo a perda de água para o ambiente.

5.4 SÓLIDOS VOLÁTEIS

O monitoramento dos sólidos voláteis possibilita acompanhar a degradação dos resíduos durante o processo de compostagem. Com o passar dos 120 dias de experimento os teores de sólidos voláteis tendem a diminuir à medida que a degradação da matéria orgânica avança, aumentando o percentual dos sólidos fixos na massa em decomposição (QUEIROZ, 2007).

Observa-se na Figura 12 o monitoramento dos sólidos voláteis nas leiras. Nota-se que a diminuição esperada nos valores ocorreu nas leiras 1, 2 e 3, as quais baixaram os seus níveis, indicando uma atividade microbiana operando de forma efetiva.

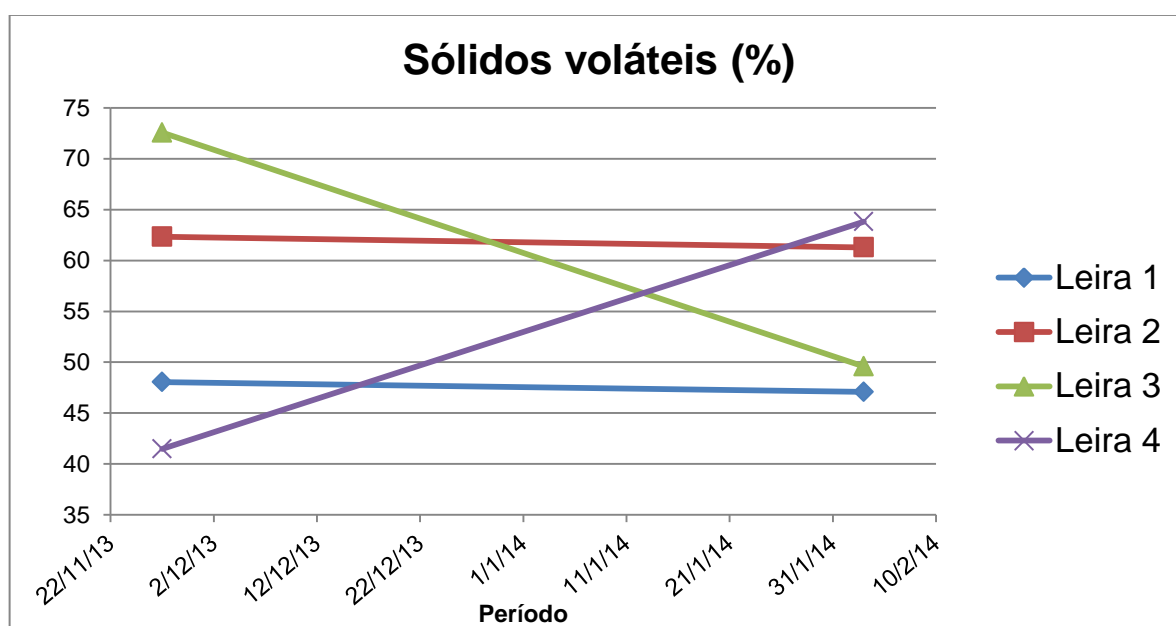


Figura 12 – Monitoramento dos sólidos voláteis nas leiras

Na leira 4 não foi possível observar a mesma redução dos sólidos voláteis, este fato que pode estar associado a não decomposição completa do gesso presente em 20% da leira, ou possivelmente por alguns restos de gesso encontrados na amostra coletada ter influenciado no resultado, já que a mesma recebeu o maior teor do resíduo no experimento.

Conforme o analisado por Buono e Costanzi (2013), leiras com concentrações menores de gesso ou com ausência de gesso obtiveram maior consumo de matéria orgânica, fato também observado neste experimento, pois as leiras 2, 3 e 4 tiveram um percentual inferior de sólidos voláteis do que a leira 1, a qual havia inexistência de gesso incorporado a sua massa.

5.5 PARÂMETROS DO COMPOSTO

Após o término do experimento, foram realizadas análises laboratoriais de amostras das 4 leiras cultivadas, cujos parâmetros estão definidos no Anexo III da Instrução Normativa Nº 25, de 23 de julho de 2009, o qual traz valores normativos dos parâmetros nas amostras expressos em base seca à umidade determinada a 65°C, de Carbono orgânico, Nitrogênio total e Capacidade de troca catiônica (CTC).

Por se tratar de um produto obtido por processos físico, químico, físico-químico ou bioquímico, a partir de matéria-prima oriunda dos resíduos agroindustriais e industriais, resultando em um produto de utilização segura na agricultura e podendo ser enriquecido por minerais, o composto produzido pela compostagem neste experimento se enquadra como Fertilizante Orgânico Composto, pertencente à classe B.

Os valores apresentados na Tabela 6 referem-se aos parâmetros comparando com o anexo III da IN nº 25/09 do MAPA, das Leiras 1, 2, 3 e 4, com base nas análises laboratoriais. Os laudos das amostras analisadas encontram-se no Anexo A.

Tabela 6 – Especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos para as leiras 1, 2 ,3 e 4

Parâmetros	Leira				Limites mín	Limites máx
	1	2	3	4		
					IN 25/09 – MAPA	
Umidade (%)	24,79	45,61	51,20	42,29	-	50
N total (%)	1,33	1,65	1,54	1,23	0,5	-
Carbono Orgânico (%)	27,46	23,86	25,46	21,99	15	-
CTC	47,56	61,5	67,59	54,00	-	-
pH	7,75	7,25	7,35	7,08	6,0	-
Relação C/N	20,64	14,60	16,53	17,87	20	-
Relação CTC/C	1,73	2,57	2,65	2,45	-	-

De maneira geral, os compostos orgânicos atingiram as garantias mínimas para as especificações dos fertilizantes orgânicos compostos, apenas com um pequeno excesso do parâmetro umidade do material da leira 3 e uma pequena escassez do parâmetro carbono/nitrogênio nos fertilizantes das leiras 2, 3 e 4, quando comparado com os parâmetros citados no anexo III da Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009.

Com base na Tabela 7 observa-se um valor inferior ao mínimo exigido pela Instrução Normativa na relação carbono/nitrogênio (C/N) em 3 leiras, onde apenas na leira 1 (testemunha) esta relação ficou acima do valor mínimo, isso pode ter sido influenciado por falha no revolvimento das leiras. Foi observada uma diminuição na relação C/N no sentido do aumento de gesso nas leiras, pois quanto maior a concentração de gesso menor a relação C/N, embora observando a concentração de nitrogênio, a qual não seguiu esta variação, o que não afirma a capacidade do gesso em diminuir o decaimento do nitrogênio no composto.

Por limitações de recursos financeiros não foi possível analisar inicialmente as concentrações de C e N, e sua respectiva relação, para fim de comparação com as análises finais obtidas, o que mostraria a capacidade de degradação desses parâmetros ao longo do processo. Como estas análises foram realizadas por laboratório terceirizado, foram priorizadas as análises do composto final.

Comparando as Tabelas 6 e 7 nota-se que as porcentagens mínimas de carbono orgânico e nitrogênio total foram respeitadas em todos os compostos

produzidos, o que indica uma boa degradação realizada pelos microrganismos, o que condiz com o esperado para o composto final. O pH também respeitou os limites mínimos exigidos, trazendo um composto equilibrado para possíveis fins de utilização como substrato, possibilitando o desenvolvimento de futuras culturas instaladas sobre este composto.

Sobre o pH foi notado um decréscimo dos valores na leira 4, comparada com as demais, a qual tem maior concentração de gesso em sua massa, afirmando conforme o estudado por Oliveira et.al. (2003), que o gesso em boas concentrações auxilia no decréscimo do pH, fato ocasionado pela diminuição das atividades das bactérias produtoras de amônia.

O parâmetro capacidade de troca catiônica (CTC) foi encontrado valores consideráveis, onde nas leiras 2, 3 e 4 seus valores foram superiores, já na leira 1 foi inferior, embora seja considerado valores relativamente adequados. A CTC dos solos representa a graduação da capacidade de liberação de vários nutrientes, potencializando a fertilidade do solo por um prolongado período, evitando a ocorrência de efeitos tóxicos na aplicação de fertilizantes (EMBRAPA, 2010).

Por fim, com base nos resultados apresentado na Tabela 7, não se pode afirmar que a incorporação de gesso da construção civil na compostagem atuou diretamente contra o decaimento do nitrogênio total na massa produzida, devido o fato observado na leira 4, a qual tem a maior porcentagem de gesso em sua massa, comparada com as demais. Essa afirmação é baseada na Tabela 7, a qual mostra uma porcentagem de nitrogênio total inferior na leira 4 em comparação com as demais leiras.

6 CONCLUSÃO

Tendo em vista a caracterização e monitoramento dos parâmetros umidade, sólidos voláteis, pH e temperatura, foi possível uma adequação da massa em decomposição, possibilitando condições adequadas aos microrganismos no processo de decomposição do composto.

As leiras foram estruturadas em formatos cônicos, em virtude da quantidade de resíduos utilizada no processo. Este formato foi definido com o intuito de realizar um melhor manuseio, aeração e aumentar a possibilidade da massa obter um contato mais eficiente com a água e o oxigênio.

Em função dos valores obtidos de umidade dos resíduos sólidos, foram montadas quatro leiras, sendo que a leira 1 representou a leira testemunha, e as leiras 2, 3 e 4 foram montadas com as mesmas quantidades de resíduo de poda e de esterco equino que a leira 1, porém com incorporações de gesso de construção civil.

De acordo com as análises realizadas, com exceção da leira testemunha ficou evidenciado que a leira 2, apresentou maiores valores de temperatura nos três pontos monitorados. Com relação aos sólidos voláteis, a leira 4 apresentou um aumento percentual ao longo do processo, fato que pode estar relacionado com restos de gesso na amostra analisada em laboratório. Já a leira 3 destacou-se por reter a maior quantidade de água no experimento, resultando em uma umidade um pouco acima do limite permitido que é de 50% no composto final, porém esta concentração pode ser facilmente corrigida com a mistura de outro composto com menor umidade.

Com base nos resultados obtidos foi possível concluir que os fertilizantes orgânicos produzidos de maneira geral respeitaram os limites aceitáveis dos parâmetros estabelecidos pelo anexo III da INº 25, de 23 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para fertilizantes classe B. Embora as relações carbono/nitrogênio das quatro leiras não atenderam os valores mínimos estabelecidos, isso provavelmente não impede que o composto possa ser introduzido na agricultura, porém indica uma diminuição da sua qualidade final, para fim de ser utilizado como substrato vegetal.

Analisando as porcentagens de nitrogênio total nas quatro leiras cultivadas, foi possível dizer que a introdução do gesso na compostagem não atuou como diminuidor do decaimento de nitrogênio na massa decomposta, pois na leira 4 a porcentagem de nitrogênio foi inferior às demais leiras, as quais tinham menores quantidades de gesso misturadas em suas massas.

De maneira geral, não é possível afirmar e recomendar uma única leira como sendo a de melhor formulação com base nas análises exigidas no IN nº 25/9 do MAPA, pois seria necessário realizar outras análises de macro e micro nutrientes, para poder confirmar o atendimento para fertilizantes orgânicos compostos. Observou-se que os resultados obtidos de umidade, sólidos voláteis, C, N, CTC e relações C/N e CTC/C dos compostos das leiras ficaram relativamente próximos.

De acordo com o evidenciado no experimento, sugere-se para estudos futuros sobre compostagem com gesso de construção civil, um melhor manuseio do experimento *in loco*, com melhores revolvimentos, além de controle e correções de umidade, o que possivelmente possibilitará uma melhor condição para a decomposição realizada pelos micro-organismos, melhorando o composto final produzido. Também seriam interessantes estudos com uma maior porcentagem do resíduo de gesso nas leiras, a fim de analisar de forma efetiva as características que esse resíduo acrescenta no produto final.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2011.** Disponível em: <<http://a3p.jbrj.gov.br/pdf/ABRELPE%20Panorama%202001%20RSU-1.pdf>>. Acesso em: jan 2014.

ABREU JUNIOR, Cassio. H.; BOREATTO, Antonio. E.; MURAOKA, Takashi.; KIEHL, Jorge. C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: Propriedades químicas do solo e produção vegetal. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v.4, n.4, 2005. Disponível em: <<http://apostilas.cena.usp.br/Regina/Outras/Top-V4-N10.pdf>>. Acesso em 07 ago. 2013.

AGUASPARANÁ (Instituto das Águas do Paraná). 2013. **Alturas diárias de precipitação**. Curitiba. P.1-2. 2013.

ALBUQUERQUE, Hélio. C.; MARQUES, Charles. C.; ARAÚJO, Paulo. G. C.; GONÇALVES, Wherllyson. P.; MAIA, Rafaella.; BARBOSA, Edimar. A. Caracterização de resíduos sólidos orgânicos produzidos no restaurante universitário de uma instituição pública (estudo de caso). In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27. 2007, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu: ABEP, 2007. 10 p. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr650481_0422.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2010.

ALMEIDA, Josimar Ribeiro de; MELLO, Cláudia dos S.; CAVALCANTI, Yara. **Gestão Ambiental: planejamento, avaliação, implantação, operação e verificação**. Rio de Janeiro: Thex Ed., 2012. 259p.

ANGULO, S. C. et al . Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD. In: SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 5., 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IBRACON CT-206/IPEN, 2002. p. 293-308.

APHA-AWWA-WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th ed.** Amer. Public. Health Assoc., Washington, DC, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR nº 10.004. Resíduos Sólidos – classificação**. São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRYWALL (ASSOCIAÇÃO DRYWALL). **Coleta, armazenagem e destinação para reciclagem.** São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.drywall.org.br>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

BERNAL, M. P.; PAREDES, C., SANCHEZ-MONEDERO, M. A.; CEGARRA, J. **Maturity and stability parameters of compost prepared a wide rage of organic waste: Bioresources Technology.** Murcia, Spain. v. 63, p. 191-199. Editora: Elsevier, 1998.

BRASIL. Lei Federal nº 6984, 16 de Dezembro de 1980. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF, 16 dez. 1980.

BRASIL. Instrução Normativa nº 10/2004. **Diário Oficial [da] União Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF, 12 mai. 2004.

BRASIL. Instrução Normativa DSA nº 25/2009. **Diário Oficial [da] União Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF, 23 set. 2009.

BRASIL. Instrução Normativa DSA nº 27/2006. **Diário Oficial [da] União Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF, 09 jun. 2006 a.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357/2006. **Diário Oficial [da] União Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF, 30 ago. 2006b.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 307/2002. **Diário Oficial [da] União Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF, 5 jul. 2002.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 431/2011. **Diário Oficial [da] União Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF, 24 mai. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos. **Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária.** Brasília. 141p. 2007.

BRITO, Marcio. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato.** 2008. 124 f.(Dissertação Pós – Graduação em Engenharia de Processos) - Universidade Tiradentes. Aracaju, 2008.

BUONO, Livia. N; COSTANZI, Ricardo. N. CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 3., 2013, Londrina. **Anais...** Londrina: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

CORDEIRO, Nathalie. M. **Compostagem de resíduos verdes e avaliação da qualidade dos compostos obtidos - caso de estudo da algar s.a.** 2010. 70. f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, 2010.

CORTEZ, Cristiane. L.; COELHO, Suani. T.; GRISOLI, Renata.; GRISOLI, Fabio. Compostagem de resíduos de poda urbana. **CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa.** São Paulo, Março. 2008.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. (Coord.) **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado** – 2ª ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2010.

EATON, Andrew. D; CLESCERI, Lenore. S; RICE, Eugeni.W.; GREENBERG, Arnold. E. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 21th ed. Washington: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Pollution Control Federation, 2005

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa - CNPS, 1997.212p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais.** 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa - CNPS, 2010.27p.

EPSTEIN, E. **The Science of Composting.** CRC Press, 1997.

FERNANDES, F. ; SILVA, S. M. C. P. PROSAB – Programa de pesquisa em saneamento Básico: **Manual prático para a compostagem de biossólidos.** ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro. 1999.

IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná). 1978. **Cartas climáticas das Bacias do Estado do Paraná.** Londrina, Iapar, 38p.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 102 f Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

KIEHL, C.J. **Produção de composto orgânico e vermicomposto**. Informe Agropecuário, v.22, n.212, p.40-42, 47-52, Belo Horizonte, 2001.

KNAPIK, J. G.; ANGELO, A.C. **Pó de basalto e esterco eqüino na produção de mudas de prunus sellowii koehne (rosaceae)**. Curitiba, PR, v. 37, n. 3, set./dez. 2006.

KIEHL, E.J., 1985. **Fertilizantes orgânicos**. Editora Agronômica Ceres, São Paulo-SP, 492p.

MARQUES, Marcia.; HOGLAND, Willian. Processo descentralizado de compostagem em pequena escala para resíduos sólidos domiciliares em áreas urbanas. In: INTERAMERICAN CONGRESS OF SANITARY AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING, 28. 2002, Cancun. **Anais eletrônicos...** Cancun: AIDIS, 2002. p. 8, 2002. Disponível em: <
<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/iv-045.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2013.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO PARANÁ. **Unidades de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos**: apostila para a gestão de municipal de resíduos sólidos urbanos. Disponível em: <
http://www.meioambiente.caop.mp.pr.gov.br/arquivos/File/Apostila_RSU.pdf >. Acesso em 09 ago. 2013.

MELLO FILHO, L.E. **Arborização urbana**. In: Encontro Nacional sobre arborização Urbana, 1., Porto Alegre, 1985. Anais: Porto Alegre: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, p. 117-127, 1985.

OLIVEIRA M. C. de; ALMEIDA, C. V.; ANDRADE, D. O.; RODRIGUES, S. M. M. **Teor de matéria seca, pH e amônia volatilizada da cama de frango tratada ou não com diferentes aditivos**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, n.4, p.951-954, 2003.

PEREIRA NETO, João. T.; MESQUITA, Maria. M. F. **Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos: aspectos teóricos, operacionais e epidemiológicos**. Lisboa, Portugal, p. 34. Editora: LNEC, 1992.

PICOLOTTO, R. WERNER, G.F. **Resíduos de Gesso**. 2011. Disponível em: <<http://www.redegs.com.br/novidades/lcg/corporativo/residuos-de-gesso-2/2011/06/20/>>. Acesso em: Jan 2013.

PINTO, T. P. **Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

QUEIROZ, Fausto. F. **Avaliação do aproveitamento de resíduos vegetais por meio da compostagem em leiras revolvidas. Estudo de caso de Londrina**. 2007. 66 f. (Dissertação de pós-graduação) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2007.

SILVEIRA, Hélio., OLIVEIRA, Darlene. L. A.; ANDRADE, Alisson. A. A.; SILVA, Andréia, V. S. 2001. **Avaliação de algumas características físicas e químicas de latossolo sob vegetação relictual de cerrado e plantio direto em Campo Mourão – PR**. Campo Mourão, v.20, n.1, p. 21-31, 2002.

SILVA, Leila. M. S. **Compostagem de resíduos sólidos urbanos em locais contemplados com coleta seletiva: influência da triagem e da frequência de revolvimento**. 2009. 122 f. (Dissertação de pós-graduação) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2009.

TUBAIL, K; CHEN, L.; MICHEL Jr., F. C.; KEENER, H. M.; RIGOT, J. F.; KLINGMAN, M.; KOST. D.; DICK, W. A. **Gypsum additions reduce ammonia nitrogen losses during composting of dairy manure and biosolids**. *Compost Science & Utilization*, v.16, n.4, p.285-293, 2008.

VELASCO, G. D. N. **Arborização viária X sistemas de distribuição de energia elétrica: avaliação dos custos, estudo das podas e levantamento de problemas fitotécnicos**. 94 p. Piracicaba, 2003.

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. 166 p. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002.

ANEXOS



ANÁLISES DE SOLOS, PLANTAS, FERTILIZANTES, CORRETIVOS, GRÃOS, ÁGUAS, RESÍDUOS, RAÇÕES E SAL MINERAL

Av. Manoel Francisco da Silva, 398 | CEP 87340-000 | Mamborê | PR | 44 3568.1413 | www.laboratoriosantarita.net
CNPJ 10.587.380/0001-66 | CPF 675.412.919-00 | REG. CRQ-D 04476

Convênio:	UTFPR	Processo Analítico:	SR621/2014
Solicitante:	ANTONIO CARLOS DA S. FILHO	Data de Entrada:	05/02/2014
Município/UF:	CAMPO MOURÃO/PR	Data de Saída:	11/02/2014
Material Analisado:	SUBSTRATO	N.º no Laboratório:	21
Identificação pelo Solicitante:	AMOSTRA 1		

LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA

ANÁLISE DO MATERIAL "IN NATURA"

Parâmetro		%	
Umidade a 65 °C	(U _{65c})	24,79	%
Nitrogênio total	(N)	1,000	%

ANÁLISE DA MATÉRIA SECA A 65 °C

Teores Totais			
Parâmetro			
Nitrogênio total	(N)	1,33	%
Carbono Orgânico Total	(C.O.)	27,46	%
Capacidade de Troca Catiônica	(CTC)	47,56	mmol.kg ⁻¹

Fernando Juliato Becker
Eng. Químico Responsável
CRQ - 09302692

Métodos empregados: Métodos oficiais para análises de fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos do MAPA.
OBS: Análise de material enviado ao laboratório. Resultados válidos apenas para a(s) amostra(s) analisada(s).



ANÁLISES DE SOLOS, PLANTAS, FERTILIZANTES, CORRETIVOS, GRÃOS, ÁGUAS, RESÍDUOS, RAÇÕES E SAL MINERAL

Av. Manoel Francisco da Silva, 398 | CEP 87340-000 | Mamborê | PR | 44 3568.1413 | www.laboratoriosantarita.net
CNPJ 10.587.380/0001-66 | CPF 675.412.919-00 | REG. CRQ-DX 04476

Convênio:	UTFPR	Processo Analítico:	SR621/2014
Solicitante:	ANTONIO CARLOS DA S. FILHO	Data de Entrada:	05/02/2014
Município/UF:	CAMPO MOURÃO/PR	Data de Saída:	11/02/2014

Material Analisado:	SUBSTRATO	Nº. no Laboratório:	22
Identificação pelo Solicitante:	AMOSTRA 2		

LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA

ANÁLISE DO MATERIAL "IN NATURA"

Parâmetro		%	
Umidade a 65 °C	(U _{65c})	45,61	%
Nitrogênio total	(N)	0,897	%

ANÁLISE DA MATÉRIA SECA A 65 °C

Teores Totais

Parâmetro			
Nitrogênio total	(N)	1,65	%
Carbono Orgânico Total	(C.O.)	23,86	%
Capacidade de Troca Catiônica	(CTC)	61,52	mmol.kg ⁻¹

Fernando Juliato Becker

Eng. Químico Responsável
CRQ - 09902692

Metodologia empregada: Métodos oficiais para análises de fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos do MAPA.
Obs: Análise de material enviado ao laboratório. Resultados válidos apenas para a(s) amostra(s) analisada(s).



ANÁLISES DE SOLOS, PLANTAS, FERTILIZANTES, CORRETIVOS, GRÃOS, ÁGUAS, RESÍDUOS, RAÇÕES E SAL MINERAL

Av. Manoel Francisco da Silva, 398 | CEP 87340-000 | Marabá | PR | 44 3568.1413 | www.laboratoriosantarita.net
CNPJ 10.587.380/0001-66 | CPF 675.412.919-00 | REG. CRQ-D 04476

Convênio:	UTPR	Processo Analítico:	SR621/2014
Solicitante:	ANTONIO CARLOS DA S. FILHO	Data de Entrada:	05/02/2014
Município/UF:	CAMPO MOURÃO/PR	Data de Saída:	11/02/2014

Material Analisado:	SUBSTRATO	N.º. no Laboratório:	23
Identificação pelo Solicitante:	AMOSTRA 3		

LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA

ANÁLISE DO MATERIAL "IN NATURA"

Parâmetro		%	
Umidade a 65 °C(U _{65°C})		51,20	%
Nitrogênio total(N)		0,752	%

ANÁLISE DA MATÉRIA SECA A 65 °C

Teores Totais

Parâmetro			
Nitrogênio total(N)		1,54	%
Carbono Orgânico Total(C.O.)		25,46	%
Capacidade de Troca Catiônica(CTC)		67,59	mmol.kg ⁻¹

Fernando Juliato Becker

Eng. Químico Responsável
CRQ - 09902692

Métodologia empregada: Métodos oficiais para análises de fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos do MAPA.

OBS: Análise de material enviado ao laboratório. Resultados válidos apenas para a(s) amostra(s) analisada(s).



ANÁLISES DE SOLOS, PLANTAS, FERTILIZANTES, CORRETIVOS, GRÃOS, ÁGUAS, RESÍDUOS, RAÇÕES E SAL MINERAL

Av. Manoel Francisco da Silva, 398 | CEP 87340-000 | Mamborê | PR | 44 3568.1413 | www.laboratoriosantarita.net
CNPJ 10.587.380/0001-66 | CPF 675.412.919-00 | REG. CRQ-DX 04476

Convênio:	UTFFPR	Processo Analítico:	SR621/2014
Solicitante:	ANTONIO CARLOS DA S. FILHO	Data de Entrada:	05/02/2014
Município/UF:	CAMPO MOURÃO/PR	Data de Saída:	11/02/2014

Material Analisado:	SUBSTRATO	N.º. no Laboratório:	24
Identificação pelo Solicitante:	AMOSTRA 4		

LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA

ANÁLISE DO MATERIAL "IN NATURA"

Parâmetro		%	
Umidade a 65 °C(U _{65°C})		42,29	%
Nitrogênio total(N)		0,710	%

ANÁLISE DA MATÉRIA SECA A 65 °C

Teores Totais

Parâmetro			
Nitrogênio total(N)		1,23	%
Carbono Orgânico Total(C.O.)		21,99	%
Capacidade de Troca Catiônica(CTC)		54,00	mmol.kg ⁻¹

Fernando Juliato Becker
Eng. Químico Responsável
CRQ - 09902692

Metodologia empregada: Métodos oficiais para análises de fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos do MAPA.
OBS: Análise de material enviado ao laboratório. Resultados válidos apenas para a(s) amostra(s) analisada(s).