

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

SERGIO SERAFIM BORGES JUNIOR

**ESTUDO DA PROPOSTA DE UM SISTEMA PILOTO COMPACTO DE  
COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2014

SERGIO SERAFIM BORGES JUNIOR

**ESTUDO DA PROPOSTA DE UM SISTEMA PILOTO COMPACTO DE  
COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do curso de Engenharia Ambiental do departamento de Engenharia Ambiental do câmpus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Eudes José Arantes

CAMPO MOURÃO

2014



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



---

**TERMO DE APROVAÇÃO**  
**ESTUDO DA PROPOSTA DE UM SISTEMA PILOTO COMPACTO DE**  
**COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.**

**SERGIO SERAFIM BORGES JUNIOR**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 07 de Agosto 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. Dr. Eudes José Arantes

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vanessa Medeiros Corneli

---

Prof. Dr. Rafael Montanhini Soares de Oliveira

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

## **AGRADECIMENTOS**

Começo meus agradecimentos em especial ao Senhor Meu Deus, que me proporcionou todas as oportunidades em minha vida, em especial a capacidade de poder cursar Engenharia Ambiental em uma universidade que abriu meu modo de visualizar o mundo, bem como o Meio Ambiente. Agradeço fortemente a minha família, não somente neste dia, mais em todos os dias, pois eles formam a minha base e a minha condição de viver, meus imensos agradecimentos a minha mãe Marli, ao meu irmão Paulo, ao meu pai Sergio, a minha vó Amélia e a todos que sempre estiveram ao meu lado, e que sempre me incentivem a nunca desistir do que eu almejo.

Agradeço também ao meu professor Orientador Dr<sup>o</sup>. Eudes José Arantes, por toda paciência, força de vontade e principalmente a capacidade de me incentivar e instruir durante todos os cinco anos da minha passagem pela universidade.

Faço também os agradecimentos aos professores que de alguma forma contribuíram para que meus estudos fossem alcançados nesta etapa, em especial agradeço ao professor Msc. Thiago Morais de Castro e a professora Dr<sup>a</sup>. Morgana Suszek Gonçalves.

Por fim agradeço aos grandes amigos que me acompanharam e sempre estiverem ao meu lado durante toda esta trajetória, estendo os cumprimentos então ao Franco Sanches, Diego Vinicius, Kamila Walter, Jhonata Baroni, Nayara Fernanda, Jéssica Aline, Luciana Iwakura, Samara Segalla, Jacques Alevi, Fernando Juchem e Péricles Parizotto.

## RESUMO

BORGES JUNIOR, Sergio Serafim. **Estudo da Proposta de um Sistema Piloto Compacto de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2014. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

Atualmente a demanda por um gerenciamento de resíduos sólido ambientalmente adequado tem crescido devido à grande necessidade de se conservar o meio ambiente bem como o bem estar do ser humano. Para isto, foi instituída na Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei nº. 12.305/2010. A compostagem dos resíduos sólidos urbanos é recomendada como forma de tratamento adequado destes resíduos. Com o intuito de apresentar uma forma de acelerar e facilitar o controle do processo de compostagem foi proposto para este trabalho, o desenvolvimento de uma instalação um sistema piloto compacto de compostagem de resíduos sólidos urbanos. Este sistema foi desenvolvido e montado nas instalações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão utilizando um compressor de ar como fonte para aeração. Assim, o presente trabalho teve como objetivo a realização de um experimento piloto compacto de compostagem por aeração forçada, sendo que foram utilizados os resíduos sólidos urbanos orgânicos coletados no Aterro Sanitário de Campo Mourão e resíduos de poda da arborização urbana. Os ensaios foram realizados buscando o monitoramento das variáveis necessárias para o acompanhamento do processo. No monitoramento e avaliação de dois ensaios realizados permitiu identificar que para o processo de compostagem desenvolva de forma adequada e eficiente é necessário um acompanhamento constante dos parâmetros indicativos da estabilidade do processo, com temperatura, umidade, relação carbono/nitrogênio, pH. Tendo como parâmetros monitorados a temperatura, umidade e relação Carbono/Nitrogênio verificou-se que estas variáveis são indicativas do metabolismo do processo. Outras variáveis que interferem no metabolismo são as condições ambientais e a tipologia de resíduos utilizados nos ensaios.

**Palavras-chave:** Resíduos Sólidos Urbanos, Compostagem, Aeração Forçada, Fração Orgânica.

## ABSTRACT

JUNIOR, Sergio Serafim Borges. **Study Proposal of a Compact System Pilot Composting of Municipal Solid Waste**. 2014. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

Currently the demand for an environmentally sound management of solid waste has grown because of the great need to conserve the environment and the welfare of human beings. For it was instituted in the National Solid Waste Policy - Law. 12,305 / 2010. Composting of municipal solid waste is recommended as a proper treatment of this waste. In order to present a way to accelerate and facilitate the control of the composting process was proposed for this work, the development of a pilot system installation a compact composting of municipal solid waste. This system was developed and mounted on the premises of the Federal Technological University of Paraná, Campus Campo Mourao using an air compressor as a source for aeration. Thus, the present study aimed to the realization of a compact composting pilot experiment by forced aeration, and organic municipal solid waste collected in Campo Mourao Landfill waste and pruning of urban trees were used. The tests were conducted to assist the monitoring necessary for monitoring process variables. Monitoring and evaluation of two trials identified that constant monitoring parameters indicative of process stability with temperature, humidity, carbon / nitrogen ratio, pH for the composting process to develop properly and efficiently is necessary. Having monitored the parameters like temperature, humidity and carbon / nitrogen ratio it was found that these variables are indicative of the metabolism process. Other variables that affect metabolism are the environmental conditions and the type of waste used in the tests.

**Keywords:** Municipal Solid Waste, Composting, Forced Aeration, Organic Fraction.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2 OBJETIVO</b> .....	<b>10</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>11</b>
3.1 Contextualização sobre Resíduos Sólidos e Aterro Sanitário .....	11
3.2 Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos.....	13
3.3 Processo de Compostagem .....	15
3.4 Embasamento Legal da Compostagem de RSU .....	18
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
4.1 Caracterização da área de estudo .....	22
4.2 Processo de Compostagem .....	23
4.2.1 Segregação dos Resíduos Urbanos – Fração Orgânica e Poda.....	23
4.2.2 Montagem do ensaio de Compostagem.....	24
4.2.3 Monitoramento do ensaio de Compostagem.....	27
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>28</b>
5.1 Ensaio de Compostagem .....	28
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIA</b> .....	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A geração per capita de resíduos sólidos urbanos vem aumentando significativamente nos últimos anos. Isto ocorre devido ao expressivo crescimento populacional e a inevitável busca do ser humano em seu dia-a-dia, em atender todas suas necessidades, tais como, se alimentar, se movimentar e gerar recursos para sua subsistência.

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2013) em seu último Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil (2013), o índice de geração per capita de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) aumentou em um percentual inferior a meio ponto, chegando ao valor de 1,041 kg/hab/dia referentes aos anos de 2013/2012, com base na população total dos municípios. Isto representa um acréscimo na quantidade total gerada de 4,1%.

Nota-se então que a demanda por locais de disposição ambientalmente adequado destes resíduos tem aumentado nos últimos anos. Para regulamentar a disposição dos RSU foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010, onde, está previsto algumas providências como: erradicar os lixões, dando lugar assim aos aterros sanitários até agosto de 2014, além da instalação de usinas de triagem e usinas de compostagens, dentre outras providências.

Para isto de acordo com a NBR 8.419 (1992), tem se a definição de aterro sanitário como:

“Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário”.

Porém, atualmente, muitos aterros sanitários apresentam problemas ambientais e de saúde pública, além da redução da expectativa de vida útil. Isto,

muitas vezes, se dá pela má disposição dos resíduos sólidos, pela falta de programas eficazes de coleta seletiva e atuações efetivas em educação ambiental para a população, buscando a conscientização quanto à separação dos resíduos recicláveis, orgânicos e rejeitos. Outro problema que agrava a má gestão dos resíduos sólidos urbanos é a falta de estudos prévios necessários para a concepção de aterros sanitários.

Como instituído na PNRS, a compostagem é uma forma de destinação final ambientalmente adequada dos resíduos orgânicos, aliada aos aterros sanitários para os rejeitos, uma vez que este processo tende a aumentar a vida útil de um aterro.

Segundo a PNRS, o processo de compostagem para resíduos sólidos orgânicos devem estar articulados com os agentes econômicos e sociais de forma a permitir a utilização dos compostos produzidos como fonte de nutrientes para atividades agrícolas.

De acordo com a NBR 13.591 (1996), o processo de compostagem é a decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros.

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar uma proposta de um sistema piloto compacto de compostagem de resíduos sólidos urbanos compostos da fração orgânica e resíduos de poda da arborização.

## 2 OBJETIVO

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Propor um sistema piloto compacto de compostagem de resíduos sólidos urbano, com a utilização da fração orgânica e dos resíduos de poda da arborização.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para se atingir o objetivo principal foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Realizar um experimento piloto envolvendo o processo de compostagem por aeração forçada dos resíduos sólidos urbanos destinados ao Aterro Sanitário de Campo Mourão combinando com resíduos de poda da arborização;
- Monitorar e avaliar o processo de compostagem, bem como o composto gerado, determinando a variação da temperatura, umidade e relação Carbono/Nitrogênio, pH;
- Apresentar os riscos e dificuldades do ensaio experimental piloto, com base nos resultados encontrados como forma de dar suporte a trabalhos futuros;

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Contextualização sobre Resíduos Sólidos e Aterro Sanitário

Para Leite (2004), uma das grandes preocupações ambientais está relacionada aos resíduos sólidos gerados pela sociedade moderna, onde com a intensificação do processo industrial, aliado ao crescimento da população e à consequente demanda por bens de consumo, o homem tem produzido quantidades significativas de resíduos sólidos sem pensar nas consequências.

Com base na Tabela 1 do Panorama de Resíduos Sólidos da ABRELPE (2013), é possível observar alguns indicativos referentes à geração de resíduos sólidos nas regiões do Brasil. Os valores para o índice de geração per capita nas regiões do Brasil variam do máximo de 1,209 kg/hab/dia para a região sudeste a 0,761 kg/hab/dia para a região sul, resultando na média de 1,041 kg/hab/dia para o Brasil.

Tabela 1 – Quantidade de RSU Gerado

Regiões	2012	População Total	2013	
	RSU Gerado (t/dia)/Índice (kg/hab/dia)		RSU Gerado (t/dia)	Índice (kg/hab/dia)
Norte	13.754/0,841	17.013.559	15.169	0,892
Nordeste	51.689/0,959	55.794.707	53.465	0,958
Centro-Oeste	16.055/1,113	14.993.191	16.636	1,110
Sudeste	98.215/1,204	84.465.570	102.088	1,209
Sul	21.345/0,770	28.795.762	21.922	0,761
BRASIL	201.058/1,037	201.062.789	209.280	1,041

**Fonte: Pesquisa ABRELEP e IBGE.**

Para regulamentar os critérios para gerenciamento e tratamento adequado dos resíduos sólido no Brasil foram criadas políticas, leis, decretos e normas de forma a minimizar os impactos gerados tanto para o meio ambiente, como para o ser humano. Como exemplo a Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelecida pela Lei 12.305 de 2 de Agosto de 2010, e a Lei 11.445 de 2007 que serve como

fundamento para a elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), entre outras.

De acordo com Melfi (2013), a dificuldade realizar a gestão dos resíduos sólidos urbanos se deve a complexidade de variáveis e atores envolvidos nos processos de geração, coleta, destinação e aproveitamento desses materiais. Isto também devido ao fato de os resíduos sólidos urbanos possuírem uma classificação bem diversificada. De acordo com a Lei nº 12.305/2010 (PNRS), os resíduos sólidos são classificados quanto a sua origem, sendo; resíduos domiciliares, de limpeza urbana, estabelecimento comerciais, serviços de saneamento básico, industriais, saúde, construção civil, agrossilvopastoris, dentre outros, e quanto a sua periculosidade; classificados então como: perigosos e não perigosos.

De acordo com a PNRS todo município deve implantar uma gestão integrada e um gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, de forma isolada ou em regime de cooperação por meio de consórcios.

Uma das técnicas previstas na PNRS para a disposição ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos é a implantação de Aterro Sanitário. De acordo com Silva (2011), um aterro sanitário consiste em um terreno impermeabilizado, onde se tem instalação de sistemas de drenagem para os líquidos e gases produzidos, além de ser um local para recebimento dos resíduos devidamente cadastrados para o aterro em questão, onde é feita a disposição destes em camadas, a compactação controlada e a consequente cobertura com uma camada de solo. Ainda, de acordo com Silva (2011), um aterro sanitário requer estudos e técnicas de engenharia para alcançar o objetivo proposto de receber e confinar o resíduo produzido pelos habitantes de uma região.

Na tabela 2 é apresentado a composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil, de acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2011). A participação da matéria orgânica na composição gravimétrica é de 51,40%, a de recicláveis está em 31,90% e outros resíduos, 16,70%.

Tabela 2 – Estimativa da Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil.

Resíduos	Participação (%)	Quantidade (t/dia)
Material Reciclável	<b>31,90</b>	<b>58.527,40</b>
Metals	2,90	5.293,50
Aço	2,30	4.213,70
Alumínio	0,60	1.079,90
Papel, papelão e tetrapak	13,10	23.997,40
Plástico total	13,50	24.847,90
Plástico firme	8,90	16.399,60
Plástico rígido	4,60	8.448,60
Vidro	2,40	4.388,60
Matéria Orgânica	<b>51,40</b>	<b>94.335,10</b>
Outros	<b>16,70</b>	<b>30.618,90</b>
Total	100,00	183.481,50

Fonte: IBGE (2010), Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012).

Segundo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012), a taxa de cobertura da coleta de resíduos sólidos urbanos vem crescendo nos últimos anos, já alcançando em 2009 quase 90% do total de domicílios. Na área urbana a coleta supera o índice de 98%. Todavia, a coleta em domicílios localizados em áreas rurais ainda não superou os 33%.

De acordo com IPEA (2012), do total de matéria orgânica coletado, ou seja, dos 94.335,10 t/dia, apenas 1,6% dos resíduos orgânicos são destinados para unidades de compostagem, sendo o restante encaminhado para outros destinos finais, como; lixões, aterros controlados e aterros sanitários.

### 3.2 Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos

Atualmente, aliado aos aterros sanitários existem outras técnicas descritas na Política Nacional de Resíduos Sólidos que podem ser aplicadas como meio de um gerenciamento integrado dos resíduos sólidos para proporcionar um maior aproveitamento do volume de aterro, permitindo alongar a sua vida útil. Uma destas técnicas é a compostagem dos resíduos orgânicos. De acordo com Lima (2004), o tratamento de resíduos orgânicos através da compostagem é considerado uma forma de reciclagem de matéria orgânica, na qual contribui para a redução do seu volume, na economia de recursos naturais, na proteção ambiental, na redução de

patologias, no desenvolvimento econômico, além de outros benefícios à comunidade e ao meio ambiente.

Godoy (2013) define compostagem como um processo biológico de decomposição e reciclagem da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal formando um composto. Além disto, o autor ressalta que a compostagem propicia um destino útil para os resíduos orgânicos, evitando sua acumulação em aterros e melhorando a estrutura e as características dos solos.

Para Cooper et al (2010), a compostagem é um processo de transformação de matérias orgânicos, tanto de origem vegetal como animal. O conjunto de técnicas empregadas nesse processo visa a otimização das ações dos agentes biológicos transformadores e decompositores da matéria orgânica, como fungos, bactérias, actinomicetes e insetos. As técnicas de controle aplicadas a este processo podem favorecer as condições em que estes microrganismos decompositores atuam, para que no fim se obtenha um material rico em húmus, nutrientes minerais e afins, com atributos físicos, químicos e biológicos de alta qualidade, principalmente sob o aspecto agronômico.

Segundo Silva (2009), no Brasil se difundiu a compostagem chamada de baixo custo, caracterizada pelo emprego de unidades dotadas de tecnologias simplificadas e emprego intensivo de mão-de-obra não qualificada, em sua grande maioria. Para Brito (2008), o processo de compostagem mais usual, a partir dos resíduos orgânicos urbano, na produção de composto orgânico é o de leira por revolvimento, por ser um processo relativamente simples e de baixo custo. A decomposição da matéria orgânica é realizada pelo processo aeróbio e a introdução do oxigênio na leira ocorre através do revolvimento periódico da massa de compostagem ou através da aeração forçada de ar no interior das leiras.

Masnik et al (2006), em um estudo de caso realizado no município de General Carneiro – PR apontaram, que a porcentagem de matéria orgânica, após uma análise da composição gravimétrica dos RSU, foi de 65,39% do total gerado. A solução apontada para a destinação ambientalmente correta deste tipo de resíduo foi a compostagem orgânica, chegaram à conclusão de que este tipo de processo é de baixo custo, além de trazer benefícios para o meio ambiente bem como para a saúde pública.

De acordo com Agustini et al (2013), o uso do composto gerado através da compostagem de resíduos orgânicos deve estar de acordo com os critérios recomendáveis e legislações vigentes para a produção de um composto de boa qualidade, afim de evitar impactos ambientais e riscos para a saúde pública, além de que se este aplicado de modo errado pode prejudicar culturas e até atrapalhar em cadeias alimentares.

Algumas características que o composto orgânico final gerado pelo processo são citados por Lasaridi et al (2006). Dentre os parâmetros que devem ser estabelecidos, cita-se: o teor da matéria orgânica, a relação carbono nitrogênio, fósforo e potássio, metais pesados, salinidade, microrganismos patogênicos, o grau de estabilidade deste composto, as substâncias húmicas geradas, dentre outras características a serem observadas, de acordo com parâmetros e legislações vigentes no país.

### 3.3 Processo de Compostagem

De acordo com Bidone e Povinelli (1999) a compostagem é um processo biológico aeróbio e controlado onde é feita a transformação de resíduos orgânicos em resíduos estabilizados, sendo que estes resíduos estabilizados apresentam propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem. Sendo que alguns componentes da matéria orgânica utilizado no processo de compostagem são utilizados pelos próprios microrganismos para formação de seus tecidos, outros são volatilizados, e outros, transformam-se em uma substância escura, denominada húmus.

Segundo Bidone e Povinelli (1999) a transformação biológica da matéria orgânica biodegradável em um composto humificado, é influenciada por uma série de microrganismos e parâmetros, assim tem-se como principais microrganismos: bactérias, fungos e os actinomicetos e os principais parâmetros, umidade, temperatura, relação carbono/nitrogênio, pH e tamanho das partículas.

Como demonstrado no Manual Básico de Compostagem (2009), o processo de compostagem pode ser definido através de um perfil baseado no comportamento térmico com quatro fases bem definidas:

- 1ª Fase – Mesófila: a temperatura varia de 30 a 40° C, tem duração de 3 a 4 dias e são degradados resíduos simples (verdes);
- 2ª Fase – Termófila: a temperatura nesta etapa varia de 40 a 60°, aqui ocorre a diminuição do volume da massa, uma vez que devido a elevada temperatura há a evaporação da água.
- 3ª Fase – Arrefecimento: devido a máxima temperatura atingida na fase termófila a atividade microbiana diminui, devido ao fato de poucos microrganismos sobreviverem a elevadas temperaturas (60°), assim nesta etapa começa a ocorrer o resfriamento do processo de compostagem;
- 4ª Fase – Maturação: é nesta fase que o composto adquire as propriedades físico-químicas e biológicas necessárias, porém a maturidade não pode ser confundida com a qualidade do composto.

A figura 1 demonstra as quatro fases do processo de compostagem de acordo com Bidone e Povinelli (1999).

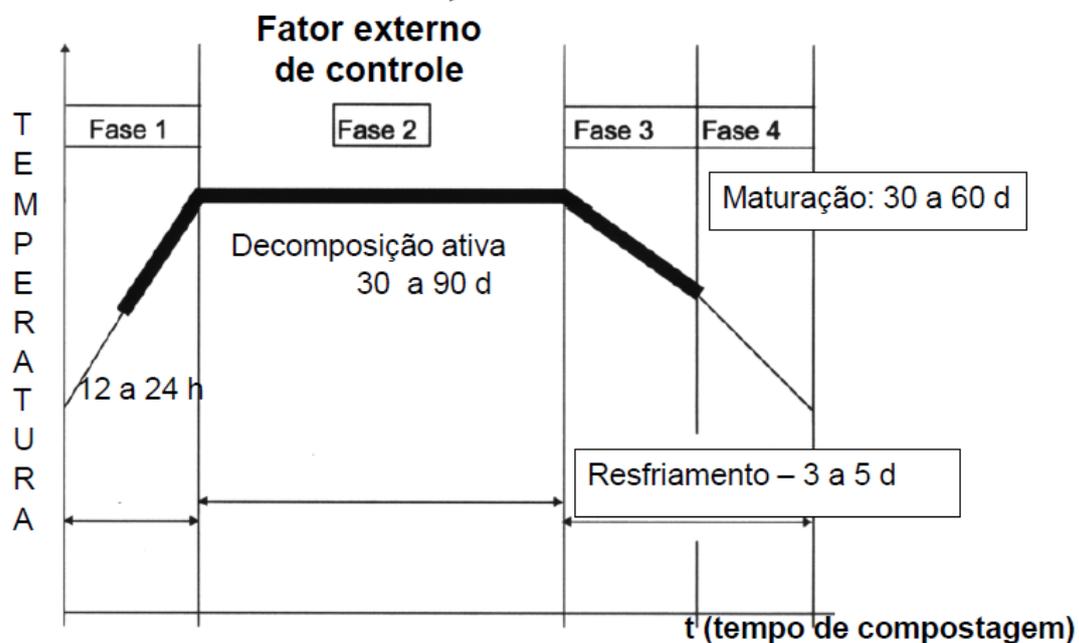


Figura 1: Fases da Compostagem durante o processamento de material orgânico.

Fonte: Adaptado de BIDONE, F. R. A. POVINELLI, J. Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos, 1999.

Os microrganismos são então classificados, de acordo com o Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos (2006), em relação as suas temperaturas ótimas sendo classificados como: psicrófilos (0-20° C), mesófilos (15-43°) e termófilos (40-85°).

As bactérias desempenham um papel importante no processo de compostagem, pois, são elas que fazem a decomposição de açúcares, amidos, proteínas e outros compostos de fácil degradação. Já os fungos e actinomicetos são os responsáveis por decompor o material celulósico (Bidone e Povinelli, 1999).

Em relação à umidade, de acordo com Reis et al (2004), para que a compostagem ocorra normalmente é importante manter o equilíbrio água e ar, sendo que, este é mantido quando se tem um teor de umidade na ordem de 55%, o que é então considerado o ideal para o processo. Uma vez que se superiores a 60% pode levar a anaerobiose e inferiores a 40% tem se a redução da atividade microbiológica.

De acordo com Ferreira et al (2012), altos teores (acima de 65%) fazem com que a água ocupe os espaços vazios da massa, impedindo a livre passagem do oxigênio, o que poderá provocar o aparecimento de zonas de anaerobiose, já quando se tem baixos teores de umidade (inferiores a 40%) inibem, por sua vez, a atividade microbiológica, diminuindo a taxa de estabilização, sendo assim o teor ótimo de umidade é de, aproximadamente, de 55%.

Para Silva (2007), a relação carbono/nitrogênio dos resíduos a serem compostados é de extrema importância, pois, é esta relação que influenciará na qualidade do composto final. Se a relação C:N estiver muito alta, pode não ocorrer a fermentação, caso a mesma seja baixa, haverá a perda de nitrogênio essencial para o processo. Segundo Bidone e Povinelli (1999) a relação C:N ideal para o composto final é de 10:1, ou seja, dez partes de carbono para uma de nitrogênio.

O tamanho das partículas dos resíduos a serem decompostos tem grande influência no processo. A existência de partículas finas pode propiciar a compactação excessiva do material. O processo contendo matéria com partículas grossas necessita da trituração anterior à montagem das leiras, sendo que as dimensões indicadas para as partículas devem estar compreendidas entre 1 cm e 5 cm (Bidone e Povinelli, 1999).

De acordo com Pires (2011), existem duas classificações principais para os processos de compostagem, onde elas são:

- Estático/lento: é o processo natural, ocorre de forma passiva uma vez que as leiras de compostagem ficam sobre pátios, o período neste caso para obtenção do composto supera os 100 dias;
- Dinâmico/rápido: é o processo acelerado da compostagem, onde são oferecidas condições especiais tais como adição de enzimas, aeração forçada ou mesmo revolvimento mecânico, o tempo necessário para formação do composto pode variar entre 35 e 40 dias.

O processo de aeração consiste em um sistema de tubos perfurados para aeração ou exaustão sobre os quais é depositada a fração orgânica a ser decomposta. Cada pilha tem um soprador ou exaustor individual para melhor controlar a aeração. O ar é introduzido para prover de oxigênio a transformação biológica que ocorre dentro da pilha. Cavacos de madeira podem ser utilizados para melhorar e controlar a granulometria e a temperatura do material a ser compostado (TCHOBANOGLIOUS<sup>1</sup>, 1993; KIEHL<sup>2</sup>, 1998 apud BRUNI, 2005).

### 3.4 Embasamento Legal da Compostagem de RSU

Com a Lei nº. 12.305 de 02 de Agosto de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, a compostagem passou a ser uma opção de destinação ambientalmente adequada dos resíduos orgânicos, uma vez que na lei, como citado no V do Artigo 36: “implantar sistema de compostagem para resíduos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido”.

Além da Lei nº. 12.305/10 existe também outra que se enquadra no âmbito federal sendo está a Lei nº. 11.445 que vêm a estabelecer as diretrizes nacionais para o Saneamento Básico, onde assim como na PNRS fica instituído que dentro do

---

<sup>1</sup> TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H; VIGIL, S. Integrated solid waste management: engineering principles and manages issues. United States of America, New York: McGraw-Hill, 1993.

<sup>2</sup> KIEHL, E. J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: Gráfica e Editora Degaspari, 1998. 171 p.

serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos deve se ter uma etapa responsável pela triagem dos resíduos urbanos sendo assim processos de reciclagem, reuso ou compostagem.

A respeito do licenciamento de áreas para compostagem foi encontrada duas premissas a serem seguidas no estado do Paraná, sendo elas:

- Resolução SEMA nº. 031 de 24 de agosto de 1998: está dispõe sobre o licenciamento ambiental, autorização ambiental, autorização florestal e outros procedimentos;
- Portaria IAP nº. 224 de 05 de dezembro de 2007: onde estabelece os critérios para as atividades de Gerenciamento de Resíduos Sólidos;

Como citado em um manual de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos disponibilizado pelo IAP (2014), existem algumas condicionantes específicas a serem seguidas para este tipo de processo, sendo que caso não seja seguido estas a compostagem pode se tornar inválida ou passar por processo mais rigoroso de avaliação, assim temos as seguintes condicionantes impostas:

- No caso de geração de efluente no processo de compostagem, o mesmo deverá ser 100% coletado e redirecionado às próprias leiras de compostagem, de forma a garantir o não lançamento em corpos hídricos superficiais e subterrâneos;
- É expressamente proibido o recebimento de Resíduos Classe I, Resíduos da Construção Civil conforme Resolução CONAMA Nº 307/02, Pneus e os resíduos provenientes de atividades de mineração;
- A qualidade do composto para uso agrícola está diretamente condicionada à coleta seletiva na origem do mesmo. O composto que será gerado poderá ser utilizado somente como cobertura das células do aterro;
- Em hipótese alguma poderão ser armazenados, mesmo que por pouco tempo, resíduos e materiais em local descoberto e sem impermeabilização;
- A área da central de triagem deverá ser limpa periodicamente, bem como seus acessos. Recolher eventuais resíduos espalhados no entorno;

- Não deverá ser recebido material reciclável além da capacidade de triagem e expedição;
- Os resíduos orgânicos devem ser retirados dos sacos plásticos de revestimento antes de serem lançados no pátio de compostagem;
- Todos os funcionários da Instituição, relacionados direta ou indiretamente à atividade, deverão obrigatoriamente utilizar Equipamentos de Proteção Individual;
- EPI'S, conforme normas e leis de segurança vigentes;
- O produto final gerado na unidade de compostagem de resíduos orgânicos deverá atender aos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação vigente do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA e da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Paraná – SEAB;
- Para uso agrícola do produto final gerado na unidade de compostagem, deverá ser solicitada Autorização Ambiental cujo processo deverá ser avaliado pela Câmara Técnica, de acordo com a PORTARIA IAP Nº 224/2007;
- Implantação de sistema de coleta seletiva no município;
- Proibida a entrada de pessoas não autorizadas e animais;
- As leiras de compostagem deverão obrigatoriamente possuir sistema de cobertura;
- O pátio de compostagem deverá possuir impermeabilização de base;
- ART – Anotação de Responsabilidade Técnica do responsável técnico pela perfeita implantação e operação da central de triagem, da usina de compostagem e suas estruturas.

Em relação ao uso do composto final gerado no processo de compostagem, podem ser citados alguns decretos e normativas, que definem parâmetros e características do composto para fins, como adubos, fertilizantes, e outros do gênero:

- Decreto nº. 4.954 de 14 de janeiro de 2004: onde dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, dá outras providências a respeito do assunto;

- Instrução Normativa nº. 46 de 06 de outubro de 2011 do MAPA: tem como objetivo estabelecer o regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal, bem como as listas de substâncias permitidas para uso nos sistemas orgânicos de produção animal e vegetal. Sendo que nesta normativa está disposto a condições e parâmetros indicativos se o composto é ou não favorável ao solo ou outros usos;
- Instrução Normativa nº. 64 de 18 de dezembro de 2008: visa estabelecer as normas técnicas para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal a serem seguidos por toda pessoa física ou jurídica responsável por unidades de produção em conversão ou por sistemas orgânicos de produção, além de demonstrar tabelas que fazem referência a parâmetros que os respectivos compostos devem ter para poder utiliza-lo como adubo e afins;
- Instrução Normativa nº. 25 de 23 de julho de 2009: tem como objetivo aprovar as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados a agricultura.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área de estudo

A realização deste trabalho ocorreu no município de Campo Mourão (Figura 2) que está localizado na região Centro-Oeste do estado do Paraná, no Terceiro Planalto, onde segundo Maack (2002) a sub-região é denominada como Planalto de Campo Mourão, e tem altitudes próximas a 630 metros acima do nível do mar. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), Campo Mourão conta com uma área territorial de 757,875 km<sup>2</sup> e uma população estimada em 87.194 habitantes.



**Figura 2: Localização dos municípios estudados.**  
Fonte: Adapto do site do Estado do Paraná, 2014.

De acordo com a Agenda 21 Local de Campo Mourão (2008), ocorreu um aumento significativo na geração diária de RSU entre 2002 e 2007. A produção

média em 2002 era de 56,73 t/dia com geração per capita de 759 g/hab, já em 2007 passou para 60,25 t/dia correspondente a geração per capita de 785 g/hab. Estes valores foram considerados elevados para os padrões socioeconômicos de Campo Mourão se comparados a outras cidades como Curitiba e Cianorte, que tiveram uma geração per capita entre 500 e 550 g/hab/dia no mesmo ano.

De acordo com Oliveira et al (2012) a atual gestão de resíduos sólidos e recicláveis no município é feita pela empresa Seleta Ambiental, sendo responsável pela a coleta e destinação dos resíduos desde 2010. Os resíduos coletados pela coleta normal são destinados ao aterro sanitário desde fevereiro de 2002.

Para a realização do ensaio de compostagem foi coletado amostra de resíduo urbano destinado ao aterro sanitário de Campo Mourão e resíduo de poda da arborização urbana provindo do Horto Municipal.

O ensaio de compostagem deste trabalho foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR – Câmpus Campo Mourão.

## 4.2 Processo de Compostagem

### 4.2.1 Segregação dos Resíduos Urbanos – Fração Orgânica e Poda

O resíduo urbano coletado no aterro sanitário de Campo Mourão foi transportado para as instalações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão, onde foi realizada a segregação no dia 05 de Abril de 2014. A segregação foi realizada selecionando os resíduos sólidos orgânicos (Figura 3) de acordo com o Manual Prático de Compostagem (2011), em seguida, foram selecionados os resíduos para compor o processo de compostagem, como: sacos de chá, borras de café, restos de comida, cascas de ovos, restos de jardinagem, vegetais crus, cascas de frutas, e outros tipos de resíduos. Os resíduos não adequados para ensaio de compostagem foram separados, podendo-se citar: metais, plásticos, dejetos animais, vidros, laticínios, gorduras, ossos e espinhas e carnes.

Para a segregação dos resíduos foi disposta uma lona com cerca de 30 m<sup>2</sup>, de forma a não causar a contaminação no solo. Os resíduos separados foram armazenados em um recipiente para posterior pesagem da massa orgânica e dos resíduos de poda. Os resíduos que não tinham utilidade ao experimento foram retornados à coleta pública, para disposição adequada no aterro sanitário.



**Figura 3: Segregação dos Resíduos orgânicos, realizado no câmpus da UTFPR – Campo Mourão.**

**Fonte: Aatoria Própria, 2014.**

Os resíduos de poda utilizados no experimento foram coletados no Horto Municipal de Campo Mourão, composto de folhas secas e galhos triturados. Este tipo de resíduo é provindo da arborização urbana das ruas da cidade, resultando do abate ou poda das árvores. Os galhos e folhas são destinados ao horto municipal de Campo Mourão onde são triturados destinados em leiras de compostagem.

#### 4.2.2 Montagem do ensaio de Compostagem

O ensaio de compostagem foi montado próximo ao Laboratório Experimental de Estruturas da UTFPR de Campo Mourão, no dia 07 de Abril de 2014. Para efeito comparativo o presente estudo tem como base o trabalho de Souza et al (2010). O trabalho realizado pelo autor apresentou um ensaio para a determinação de uma

metodologia de compostagem aeróbica com resíduos oriundos da agroindústria, fazendo uso de um processo de aeração forçada para a compostagem dos resíduos em reatores confinados.

Para Kneer<sup>3</sup> (1978) apud Pires (2011), o processo de compostagem acelerado confinado permite de controle tanto na geração de percolados, na exalação de gases e na exposição das matérias em decomposição, além de facilitar a análise de parâmetros importantes como a temperatura e a umidade, e permitir ainda a redução em até 50% da área utilizada no processo de compostagem.

Para a montagem do experimento neste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: dois recipientes plásticos de 60 litros (Bombonas), mangueiras de PVC de 8 mm, registros, válvulas, conexões, barra de cano de PVC de 3 metros, além de ferramentas para a montagem do mesmo (como: furadeiras, martelo, chaves de fenda, pregos, alicates, dentre outros) (Figuras 4 e 5).

A aeração forçada foi utilizada no presente estudo para acelerar o processo de compostagem. Foi utilizado um compressor de ar comprimido para injetar o ar com uma vazão regulada através da tubulação espiral no interior da composteira (Figura 4) para que não haja o espalhamento do resíduo dentro dos recipientes.



**Figura 4:** Interior das composteiras, mostrando a tubulação por onde será injetado o ar.

**Fonte:** Autoria própria, 2014.

---

<sup>3</sup> KNEER, F. X. Procedimentos gerais para o processo KNEER. Apostila do autor. Blauberer, Alemanha: Agosto, 1978.

Os recipientes de compostagem da Figura 5 foram conectadas através de registro no compressor no lado externo do laboratório.



**Figura 5: Ensaio de Compostagem.**

**Fonte: Autoria própria, 2014.**

A proporção de resíduo orgânico e de poda utilizado foram os seguintes: no 1º ensaio foi utilizado cerca de 75% de matéria orgânica e 25% de poda, ou seja, uma relação de 3:1, sendo em massa 11,25 kg aproximada de matéria orgânica do RSU e 3,75 kg de resíduo de poda. Já no 2º ensaio, utilizou-se 66% de matéria orgânica do RSU e 34% de resíduos de poda, com a relação 2:1, equivalente a massa de matéria orgânica RSU de 9,90 kg e 5,10 kg de resíduo de poda.

As proporções escolhidas para o presente ensaio foram similares às utilizadas por Souza et al (2010), em que as proporções entre resíduos vegetais (repolho, beterraba, cenoura, pepino, dentre outros) e de casca de arroz foi de 1,7:1 à 3,5:1.

#### 4.2.3 Monitoramento do ensaio de Compostagem

Para o acompanhamento processo de compostagem dos ensaios experimental, foram monitorados a temperatura e a umidade. A temperatura foi determinada aproximadamente duas vezes por semana, com maior frequência do que a umidade que foi determinada com frequência mensal, sendo aferida quando ocorriam mudanças significativas das condições climáticas do ambiente. Para se aferir a temperatura foi utilizado um termômetro espeto, em três aberturas em diferentes alturas no recipientes de compostagem, que consistiam nas respectivas posições: base, centro e topo das composteiras.

A umidade foi determinada em duas análises em duplicata, uma no mês de abril e no mês de maio, utilizando a metodologia proposta pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1999).

Foram realizadas análises em laboratório dos seguintes parâmetros normalmente determinados em estudos de compostagens. Foram determinados o Carbono Orgânico, o Nitrogênio Total e o pH. As análises foram realizadas em duas datas distintas, uma no início do ensaio no dia 05 de abril de 2014 e outra ao término, previsto como condição de estabilização do processo de acordo Souza et. al (2010). Estas datas foram escolhidas para fins comparativos da condições iniciais e de possível estabilização do processo do composto gerado no experimento. As amostras foram enviadas para análise no Laboratório de Agroquímica e Meio Ambiente da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Ensaio de Compostagem

O ensaio de compostagem com aeração forçada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) de Campo Mourão realizado nas instalações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná foi finalizado com duração total de 50 dias. Foram realizadas análises físico-químicas para determinação dos parâmetros necessários para o acompanhamento/monitoramento de experimentos do compostagem.

Nas tabelas 3, 4 e nos Gráficos 1 e 2 são apresentados os resultados obtidos para o aferimento da temperatura nos dois ensaios de compostagem realizados nas três posições dos recipientes de compostagem.

Tabela 3: Temperaturas equivalentes ao Ensaio de número 1

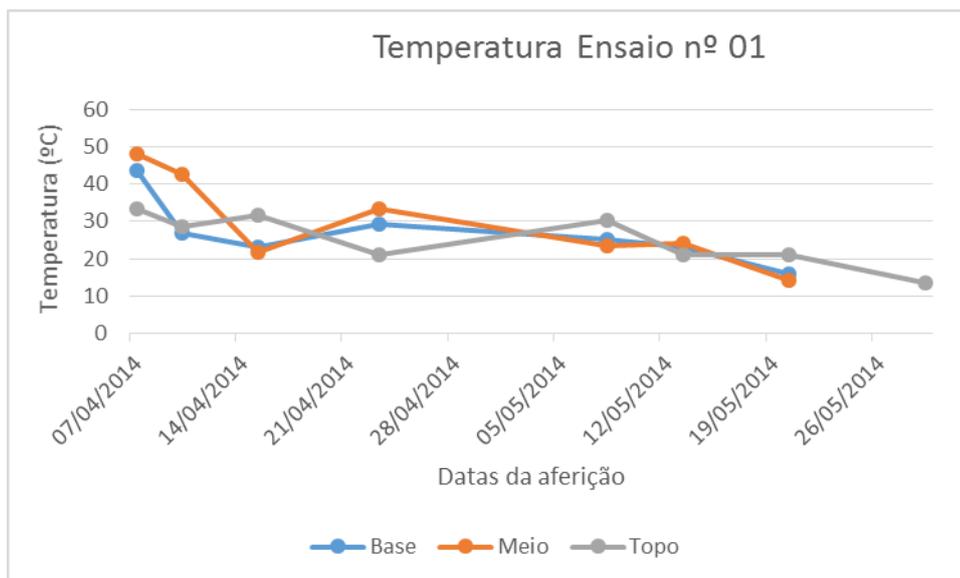
Dia	Temperatura (°C) do 1º Ensaio		
	Base	Meio	Topo
07/04/2014	-	-	33,4
10/04/2014	43,5	48,2	28,5
15/04/2014	26,8	42,5	31,6
23/04/2014	23,2	21,9	21,0
08/05/2014	29,3	33,5	30,3
13/05/2014	25,1	23,4	21,2
20/05/2014	23,1	24,3	21,1
29/05/2014	16,1	14,3	13,4

Fonte: Autoria Própria, 2014.

Tabela 4: Temperaturas equivalentes ao Ensaio de número 2

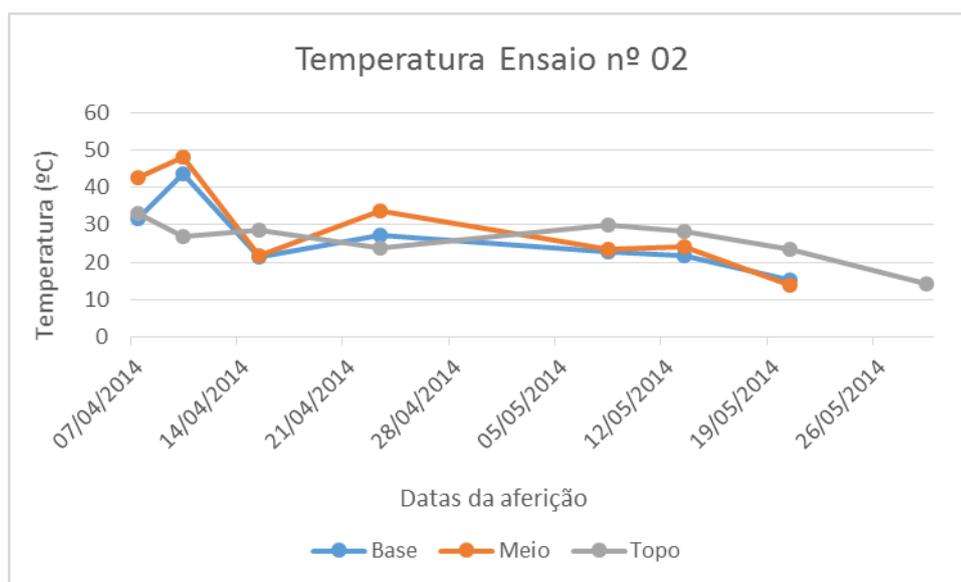
Dia	Temperatura (°C) do 2º Ensaio		
	Base	Meio	Topo
07/04/2014	-	-	33,1
10/04/2014	31,6	42,5	26,8
15/04/2014	43,5	48,2	28,5
23/04/2014	21,4	21,6	23,8
08/05/2014	27,3	33,9	30,0
13/05/2014	22,9	23,5	28,3
20/05/2014	21,7	24,3	23,6
29/05/2014	15,4	14,0	14,1

Fonte: Autoria Própria, 2014.



**Gráfico 1: Temperatura do Ensaio nº 01.**

**Fonte: Autoria própria, 2014.**



**Gráfico 2: Temperatura do Ensaio nº 02.**

**Fonte: Autoria própria, 2014.**

Como observado nos gráficos 1 e 2 e nas tabela 3 e 4, as temperaturas no dois ensaios realizados iniciaram com valores maiores que a temperatura ambiente e apresentou uma significativa queda após duas semanas. As temperaturas máximas obtidas para ambos os ensaios 1 e 2 foram de 48,2 °C no termômetro do meio do recipiente. Já no termômetro da base, a temperatura máxima obtida foi de 43,5 °C.

Em comparação ao trabalho de Souza et al (2010), foi possível se obter resultados similares, sendo que no mesmo, foi obtido valores máximos próximos a 40° C, e valores mínimos em torno de 20° C.

De acordo com Oliveira et al (2008), quando as temperaturas estão superiores a 40° C, há a predominância de microrganismos termofílicos, sendo estes responsáveis por atuar na decomposição acelerada da matéria orgânica.

Como observado, após duas semana de experimento verifica-se que a temperatura oscilou entre 21,6 °C e 33,9 nas três posições dos dois ensaios de compostagem. De acordo com Antônio e Damião (1993) o desenvolvimento da temperatura está relacionado a vários fatores, como, materiais ricos em proteínas, baixa relação Carbono/Nitrogênio, umidade, tamanho dos materiais utilizados. Para uma melhor decomposição dos materiais dos resíduos sólidos orgânicos no processo de compostagem é indicado o peneiramento ou trituração do material de forma a garantir uma granulometria mais fina.

Em análise visual durante os ensaios de compostagem, verificou-se que o material da compostagem não estava desagregado, resultando em tamanho de partículas de dimensões maiores que 4 cm, dificultando, assim, a decomposição dos materiais. O tamanho da partícula recomendado pela literatura é entre 1 e 4 cm. Como consequência do controle da granulometria recomendada, o resultado pode ser a obtenção de massa mais homogênea, melhor porosidade e menor compactação (McKINNEY<sup>4</sup>, 1962 e PEREIRA NETO<sup>5</sup>, 1996 apud PIRES, 2011).

De acordo com Pires (2011), quanto mais fina é a granulometria, maior é a área exposta à atividade microbiana e maior é a área superficial em contato com o oxigênio, o que leva então ao aumento das reações bioquímicas.

Na tabela 5 são apresentados os valores obtidos para a concentração de carbono total, nitrogênio total, relação carbono/nitrogênio e pH. Estes parâmetros analisados são importantes para acompanhamento e monitoramento do processo de compostagem e do composto resultante. Os valores nas condições iniciais do processo de compostagem as amostras são indicadas como 1A e 2A para os

---

<sup>4</sup> McKENNEY, R. E. Refuse disposal. In: \_\_\_\_\_. Microbiology for Sanitary Engineers, New York: McGraw-Hill Book Company, Inc., 1962. p.261-265.

<sup>5</sup> PEREIRA NETO, J. T. Manual de Compostagem – Processo de baixo custo. Belo Horizonte: Fundo das Nações Unidas para a Infância, UNICEF, 1996.

ensaios 1 e 2, respectivamente. Para a condição final, após 50 dias do início do processo, as amostras são indicadas como 1B e 2B para os ensaios 1 e 2, respectivamente.

Tabela 5: Resultado da Análise Laboratorial das amostras.

Amostras	Carbono (%)	Nitrogênio (%)	Relação C:N	pH
1A	49,73	0,96	51,8:1	6,69
1B	50,40	1,29	39,7:1	7,14
2A	50,92	1,00	50,9:1	7,02
2B	49,04	1,24	39,5:1	8,06

Fonte: Autoria Própria, 2014.

O resultados obtidos neste trabalho pôde ser comparado ao trabalho desenvolvido por Souza et al (2010). Foi possível verificar que os valores iniciais da relação Carbono Nitrogênio (C/N) apresentaram-se similares, sendo que para o presente trabalho os valores de relação Carbono/Nitrogênio obtidos foram de 50,92:1 e 51,80:1 para os ensaios 1 e 2, respectivamente. No trabalho de Souza et al (2010), esta relação variou entre 47,8:1 e 72,9:1.

Os resultados encontrados para a condição final de estabilização do processo de compostagem para o presente trabalho apresentaram valores da relação carbono/nitrogênio de 39,7:1 e 39,5:1 para as amostras 1 e 2, respectivamente. Para comparação da condição final do processo de compostagem utilizado como referência o tratamento 5 realizado por Souza et al (2010). A duração total do ensaio deste tratamento 5 foi de 52 dias. Esta duração foi determinada considerando a variação pH como condição de indicação da estabilização do processo. No presente trabalho considerou-se o prazo total de estabilização de 50 dias, tendo em vista que as relações C/N iniciais e finais encontraram-se com valores similares aos obtidos por Souza et al (2010). Para uma melhor adequação nas relações de Carbono/Nitrogênio Souza et al (2010) acrescentou ureia de forma a adequar a relação Carbono/Nitrogênio a valores mais próximo de 10:1 conforme indicado por Bidone e Povinelli (1999).

As condições iniciais encontrados neste trabalho para a relação carbono / nitrogênio encontravam-se superior à 50:1. Estes valores indicam que teor de carbono em relação ao de nitrogênio estava muito elevado, isto pode ter ocorrido devido ao excesso de resíduos da poda. De acordo com Valente et al (2009), mesmo que exista uma grande demanda de carbono, a carência de nitrogênio é

totalmente limitante no processo, pois, o mesmo é essencial para o crescimento e reprodução dos microrganismos.

Apesar dos valores elevados da relação carbono/nitrogênio encontrados no início do processo, verifica-se que no prazo de 50 dias estabelecido para finalização do processo houve uma queda de 20% na quantidade de carbono nos experimentos 1 e 2. Supõe-se que para uma estabilização do processo seria necessário a disponibilidade de uma maior concentração de nitrogênio, que poderia ser realizada pela adição de ureia e ainda pelo alongamento na duração do processo em mais alguns dias de forma a permitir a melhor estabilização. Estes cuidados poderiam permitir que a relação de carbono/nitrogênio se aproxime da condição adequada para o produto final da compostagem, chegando a uma relação Carbono/Nitrogênio de 10:1, de acordo com Kiehl<sup>6</sup> (1998) apud Oliveira et al (2008).

Outro parâmetro acompanhado ocasionalmente durante o processo de compostagem foi a umidade do material. Segundo Reis et al (2004) e Ferreira et al (2012) a umidade propícia para a decomposição da matéria orgânica é de aproximadamente 55%. Na tabela 6 são apresentados os resultados encontrados para a umidade em dois ensaios realizados.

Tabela 6: Valores referente a Umidade

Dia	Umid. 1º Ensaio (%)	Umid. 2º Ensaio (%)
19/04/2014	46	51
17/05/2014	54	62

Fonte: Autoria Própria, 2014.

Os valores de umidade encontrados variaram de 46% à 62%, ficando próximo do padrão recomendado por Reis et al (2004), que estabelece valores maiores que 40% e menores que 60%, indicando que a umidade de 55% é a condição preferencial. No trabalho realizado por Souza et al (2010), foi utilizado materiais ricos em carbono e com baixo teor de umidade, como a casca de arroz e a serragem de madeira para se manter a umidade dentro dos valores ideais.

---

<sup>6</sup> KIEHL, E. J. Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba, :E. J. Kiehl, 1998.

## 6 CONCLUSÕES

A compostagem dos resíduos sólidos urbanos é recomendada como forma de tratamento adequado destes resíduos. Com o intuito de apresentar uma forma de acelerar e facilitar o controle do processo de compostagem foi proposto para este trabalho o desenvolvimento de uma instalação um sistema piloto compacto de compostagem de resíduos sólidos urbanos.

Este sistema foi desenvolvido e montado nas instalações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão. Os ensaios foram realizados buscando o monitoramento das variáveis necessárias para o acompanhamento do processo.

No monitoramento e avaliação dos dois ensaios realizados permitiu identificar que para o processo de compostagem desenvolva de forma adequada e eficiente é necessário um acompanhamento constante dos parâmetros indicativos da estabilidade do processo, com temperatura, umidade, relação carbono/nitrogênio, pH. Pois, as oscilações destas variáveis que são indicativos do metabolismo do processo. Outras variáveis que interferem no metabolismo são as condições ambientais e a tipologia de resíduos utilizados nos ensaios.

Um fator que dificulta a aplicação da técnica de compostagem em grande escala pelos municípios, como observado, é a segregação dos resíduos sólidos urbanos. Esta dificuldade foi verificada neste trabalho mesmo pequena escala, em função do difícil manejo no processo de segregação, tanto na geração dos resíduos nos domicílios como em processo de triagem.

O presente trabalho não tem o intuito de se avaliar o uso do composto final gerado para fins agrônômicos (adubo orgânico, como exemplo). Os testes pilotos permitiram elencar as dificuldades existentes durante um processo de compostagem. Desta forma esta proposta de sistema piloto teve seus pontos positivos e negativos indicados de forma a permitir as adequações necessárias para realização de futuros trabalhos. Para a adequação do experimento pode se citar algumas sugestões, como, acréscimo de um material que possa melhorar a relação Carbono/Nitrogênio inicial, como por exemplo, a ureia, utilizada por Souza et al (2010) em seu experimento. Para aprimoramento do sistema de compostagem de aeração forçada pode ser desenvolvido também um sistema que combine, além da

aeração forçada, um sistema de monitoramento automático, tanto para temperatura, como para o controle da vazão de ar, fatores não tratados de forma adequada no presente trabalho.

## REFERÊNCIA

**ABNT NBR 8419:** Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1992.

**ABNT NBR 13.591:** Define os termos empregados exclusivamente em relação à compostagem de resíduos sólidos domiciliares. Rio de Janeiro, 1996.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil – 2013.** São Paulo –SP, 2013. 114 f. Disponível em: < <http://a3p.jbrj.gov.br/pdf/ABRELPE%20%20Panorama2012.pdf> >. Acesso em: 24 Nov. 2013.

AGENDA 21 LOCAL DE CAMPO MOURÃO. Do projeto ao processo. Lidia Tomoco Miyagui Mizote (Org.). Campo Mourão/PR: Município de Campo Mourão, 2008. 238p.

AGUSTINI, Márcia Antônia B. et al. Uso de composto de resíduo sólido urbano na agricultura. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v.6, n. 02, 2013. Disponível em: < [http://www.fag.edu.br/sis/upload/revista/cultivando\\_o\\_saber/520188e602b37.pdf](http://www.fag.edu.br/sis/upload/revista/cultivando_o_saber/520188e602b37.pdf) >. Acesso em: 13 Jan. 2014.

ANTÔNIO, Nogueira Wanderley; DAMIÃO, Costa Devens. **Variação da Temperatura na Compostagem de Resíduos Sólidos Orgânicos.** Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória – ES, 1993. Disponível em: < <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/mexico/03458p04.pdf> >. Acesso em: 01 Jun. 2014.

BIDONE, Francisco Ricardo A.; POVINELLI, Jurandyr. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos.** 1ª ed. São Paulo: EESC-USP, 1999.

BONILHA, Cleuza. **A Cartografia como ferramenta na compreensão do Espaço Geográfico – Atlas Geográfico Escolar: Campo Mourão em Foco.** Produção Didática Pedagógica, 2010. Disponível em: < [http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospd/pdebusca/producoes\\_pde/2009\\_fecilcam\\_geografia\\_md\\_cleuza\\_bonilha.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospd/pdebusca/producoes_pde/2009_fecilcam_geografia_md_cleuza_bonilha.pdf) >. Acesso em: 21 Jan. 2014.

BRASIL. Decreto nº. 4.954. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. **Planalto da Presidência da República.** De 14

de Janeiro de 2004. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d4954.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d4954.htm) >. Acesso em: 16 Jun. 2014.

BRASIL. Instrução Normativa nº 25. Regulamenta Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem, a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. De 23 de Julho de 2009. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/sanidade-vegetal/legislacao> >. Acesso em: 28 Jan. 2014.

BRASIL. Instrução Normativa nº 46. Estabelecer o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal, bem como as listas de Substâncias Permitidas para uso nos Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal, na forma desta Instrução Normativa e dos seus Anexos I a VII. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. De 06 de Outubro de 2011. Disponível em: < <http://www.organicnet.com.br/2011/10/instrucao-normativa-no-46-de-6-de-outubro-de-2011/> >. Acesso em: 16 Jun. 2014.

BRASIL. Instrução Normativa nº 64. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. De 16 de Dezembro de 2008. Aprovar o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal. Disponível em: < [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Desenvolvimento\\_Sustentavel/Producao-Integrada-Pecuaria/IN%2064%20de%202008.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Producao-Integrada-Pecuaria/IN%2064%20de%202008.pdf) >. Acesso em: 16 Jun. 2014.

BRASIL, Lei nº 11.445. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979, 8.036 de 11 de maio de 1990, 8.666 de 21 de junho de 1993, 8.987 de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528 de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Planalto da Presidência da República**. Brasília, 05 de Janeiro de 2007. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm) >. Acesso em: 24 Nov. 2013.

BRASIL, Lei nº 12.305. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Planalto da Presidência da República**. Brasília, 02 de Agosto de 2010. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm) >. Acesso em: 24 Nov. 2013.

BRASIL, **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Versão Preliminar e para Consulta Pública. Brasília, Fevereiro de 2012. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: < [http://www.mma.gov.br/estruturas/253/\\_publicacao/253\\_publicacao02022012041757.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf) >. Acesso em: 09 Ago. 2014.

BRITO, Márcio José Costa. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial utilização do composto como substrato**. 2008, 124 f. Dissertação para Pós Graduação em Engenharia de Processos – Universidade de Tiradentes, Aracaju – SE. Disponível em: < <http://www.unit.br/LinkClick.aspx?fileticket=gubD4SYUeuE%3D&tabid=1124> >. Acesso em: 19 Jan. 2014.

BRUNI, Vinicio Costa. **Avaliação do Processo Operacional de Compostagem Aerada de Lodo de Esgoto e Poda Vegetal em Reatores Fechados**. 2005, 114 f. Dissertação para Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental – Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR. Disponível em: < [http://www.ppgerha.ufpr.br/publicacoes/dissertacoes/files/097-Vinicio\\_Costa\\_Bruni.pdf](http://www.ppgerha.ufpr.br/publicacoes/dissertacoes/files/097-Vinicio_Costa_Bruni.pdf) >. Acesso em: 25 de Maio de 2014.

COOPER, Miguel. et al. Compostagem e Reaproveitamento de Resíduos Orgânicos Agroindustriais: Teórico e Prático. **Série Produtor Rural Edição Especial, Piracicaba – SP, 2010**. Disponível em: < <http://www.esalq.usp.br/biblioteca/PUBLICACAO/Serie%20Produtor%20Rural%20Especial%20-%20%20Compostagem/compostagem.pdf> >. Acesso em: 24 Jul. 2014.

FERNANDES, Fernando; SILVA, Sandra Márcia C. P. **Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos**. Universidade Estadual de Londrina, 91 p., Londrina – PR, 2006. Disponível em: < <http://www.finep.gov.br/prosab/livros/Livro%20Compostagem.pdf> >. Acesso em: 09 Ago. 2014.

FERREIRA, Aline G.; BORBA, Silvia Naiara de S.; WIZNIEWSKY, José Geraldo. A Prática da Compostagem para Adubação Orgânica pelos Agricultores Familiares de Santa Rosa/ RS. In: I Congresso Internacional de Direito Ambiental e Ecologia Política – III Seminário Ecologia Política e Direito na América Latina, 2012, Santa Maria – RS. Disponível em: < <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&ved=0CFQQFjAH&url=http%3A%2F%2Fcasavel.ufsm.br%2Frevistas%2Fojs-2.2.2%2Findex.php%2Frevistadireito%2Farticle%2Fdownload%2F8275%2F4991&ei=dvuBU4LECFkwsATnv4D4CA&usq=AFQjCNGLL6QmfwlfH532SiWHG2AHw21Vig&cad=rja> >. Acesso em: 25 Mai. 2014.

GODOY, João Carlos. **Compostagem**. 2014. Disponível em: < [http://www.mma.gov.br/estruturas/secex\\_consumo/\\_arquivos/compostagem.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/compostagem.pdf) >. Acesso em: 13 Jan. 2014.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná, Escritório Regional de Campo Mourão.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná. **Cartilha para Licenciamento Ambiental: Suinoculturas**. Disponível em: < [http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Atividades/cartilha\\_suino.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Atividades/cartilha_suino.pdf) >. Acesso em: 02 Jun. 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – 2008**, 219 f, Rio de Janeiro, 1010. Disponível em: < [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB\\_2008.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf) >. Acesso em: 24 Nov. 2013.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos – Relatório de Pesquisa**. Brasília, 2012. 82 f. Disponível em: < [http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009\\_relatorio\\_residuos\\_solidos\\_urbanos.pdf](http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf) >. Acesso em: 09 Ago. 2014.

KA HENG MO, Fernando W.; LEME, Patrícia S. **Manual Básico de Compostagem**. Universidade de São Paulo, 14 p., Piracicaba – SP, 2009. Disponível em: < <http://usprecicla.files.wordpress.com/2011/03/apostila-compostagem.pdf> >. Acesso em: 09 Ago. 2014.

KNEER, F. X. Procedimentos gerais para o processo KNEER. Apostila do autor. Blauberen, Alemanha: Agosto, 1978.

KUNZ, Airton; HIGARASHI, Martha Mayumi; OLIVEIRA, Paulo Armando V. Utilização de Maravalha e Serragem como Substrato para Compostagem de Dejetos de Suínos. **Embrapa Suínos e Aves – Cartilha INFOTECA**, Concórdia - SC, 5 p., 2005. Disponível em: < <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/962405/1/DCOT414.pdf> >. Acesso em: 02 Jun. 2014.

LASARIDI, Katia. et al. Quality assessment of composts in the Greek market: the need for standards and quality assurance. **Journal of Environmental Management**, Londres, v. 80, p. 58-65, Julho 2006. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16337077> >. Acesso em: 20 Jan. 2014.

Leite, Cibele M. B. et al. Método Walkley-Black na determinação da matéria orgânica em solos contaminados por chorume. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 01, abril 2004. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662004000100016&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662004000100016&script=sci_arttext) >. Acesso em: 24 Nov. 2013.

LIMA, José S. et al. Effect of selected and non-selected urban waste compost in the initial growth of corn. **Revista Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 42, n. 04, novembro 2004. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344904000461> >. Acesso em: 13 Jan. 2014.

MAACK, R. Geografia Física do Estado do Paraná, 3 edi. Curitiba:Imprensa Oficial do Paraná, 2002. 440 p.

Manual Prático de Compostagem. Prefeitura Municipal de Garibaldi, Garibaldi – RS, Abril de 2011. Disponível em: < [http://www.garibaldi.rs.gov.br/upload/page\\_file/manual-pratico-de-compostagem-net-final.pdf](http://www.garibaldi.rs.gov.br/upload/page_file/manual-pratico-de-compostagem-net-final.pdf) >. Acesso em: 09 Ago. 2014.

MASNIK, Clewerson. et al. **Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos: Caso para o município de General Carneiro – PR**. Proposta de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos apresentado ao Ministério do Meio Ambiente, Maio de 2006. Disponível em: < [http://www.meioambiente.mppr.mp.br/arquivos/File/general\\_carneiro.pdf](http://www.meioambiente.mppr.mp.br/arquivos/File/general_carneiro.pdf) >. Acesso em: 20 Jan. 2014.

MELFI, Adolpho José. et al. **Criando Terra no IEE: espaço modelo de compostagem, horta orgânica e educação ambiental**. São Paulo 2013. Disponível em: < <http://www.sga.usp.br/wp-content/uploads/1.pdf> >. Acesso em 17 Jan. 2014.

MORAES, Luíz Roberto Santos; BORJA, Patrícia Campos. **Política e Plano Municipal de Saneamento Ambiental**. 144f. Brasília, 2005. Disponível em: < [http://www.paho.org/bra/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=712&Itemid=423](http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=712&Itemid=423) >. Acesso em: 24 Nov. 2013.

OLIVEIRA, Emídio Cantídio Almeida de; SARTORI, Raul Henrique; Garcez, Tiago B. **Compostagem**. Programa de Pós – Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, 2008. Disponível em: < [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem\\_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf) >. Acesso em: 10 de Jun. 2014.

OLIVEIRA, Paulo Armando Victória; HIGARASHI, Martha Mayumi. Unidade de Compostagem para o Tratamento dos dejetos de Suínos. **Revista Técnica da Embrapa Suínos e Aves**, 1ª ed., Concórdia – SC, 2006. Disponível em: < <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CDYQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.cnpsa.embrapa.br%2Fdown.php%3Ftipo%3Dpu> >

blicacoes%26cod\_publicacao%3D918&ei=k\_OMU8KJEaSM7AbZloG4AQ&usg=AFQjCNEYN01xavloqPdiJgAwo3lZRq9fBg&bvm=bv.68191837,d.ZGU&cad=rja >. Acesso: 02 Jun. 2014.

OLIVEIRA, Valdemir P. S.; ROSA, Tatiana D. L. F.; DIAS, Ricardina. **A questão dos resíduos sólidos e recicláveis: uma caracterização do recente modelo de gerenciamento do município de Campo Mourão**. In: VI Encontro de Produção Científica e Tecnológica, 24-28 de Outubro de 2011, Campo Mourão – PR. Disponível em: <[http://www.fecilcam.br/nupem/anais\\_vi\\_epct/PDF/ciencias\\_sociais/03.pdf](http://www.fecilcam.br/nupem/anais_vi_epct/PDF/ciencias_sociais/03.pdf) >. Acesso em: 09 Ago. 2014.

PAIVA, Doralice Pedroso de. Compostagem: Destino Correto para animais mortos e restos de parição. **Embrapa Suínos e Aves – Cartilha INFOTECA**, Concórdia, 11 p., 2006. Disponível em: < [http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf\\_doc/4-Dora-compostagem.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/4-Dora-compostagem.pdf) >. Acesso em: 02 Jun. 2014.

PAIVA, Doralice Pedroso de. Compostagem de suínos mortos e restos de parição. **Embrapa Suínos e Aves – Cartilha INFOTECA**, Concórdia, 4 p., 2001. Disponível em: < <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/443229/1/CUsersPiazzonDocuments15642.pdf> >. Acesso em: 02 Jun. 2014.

Paraná, Portaria IAP nº, 224. Estabelece os critérios para exigência e emissão de Autorizações Ambientais para as Atividades de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. De 05 de dezembro de 2007, **Instituto Ambiental do Paraná (IAP)**. Disponível em: < [http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao\\_ambiental/Legislacao\\_estadual/PORTARIAS/PORTARIA\\_2007\\_224.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/PORTARIAS/PORTARIA_2007_224.pdf) >. Acesso em: 16 Jun. 2014.

Paraná (estado), Conselho Estadual do Meio Ambiente - CEMA. **Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. Disponível em: < [http://www.cema.pr.gov.br/arquivos/File/Doc/IAP\\_GT\\_Compostagem\\_parte1.pdf](http://www.cema.pr.gov.br/arquivos/File/Doc/IAP_GT_Compostagem_parte1.pdf) >. Acesso em: 16 Jun. 2014.

Paraná (estado), Site do Estado do Paraná. Disponível em: < <http://www.cidadao.pr.gov.br/> >. Acesso em: 23 Jul. 2014.

Paraná (estado). Secretaria de Esporte e Turismo. **Mapa Estático do Paraná**. 2008. Disponível em: < [http://www.setu.pr.gov.br/arquivos/Image/mapas/mapa\\_pr\\_regioes\\_turisticas\\_jpg.jpg](http://www.setu.pr.gov.br/arquivos/Image/mapas/mapa_pr_regioes_turisticas_jpg.jpg) >. Acesso em: 20 Jan. 2014.

Paraná (estado). Secretaria de Esporte e Turismo. **Mapa Estático do Paraná**. 2008. Disponível em: < [http://www.setu.pr.gov.br/arquivos/Image/mapas/mapa\\_pr\\_regioes\\_turisticas\\_jpg.jpg](http://www.setu.pr.gov.br/arquivos/Image/mapas/mapa_pr_regioes_turisticas_jpg.jpg) >. Acesso em: 20 Jan. 2014.

Paraná, Resolução SEMA 031. Estabelece requisitos, critérios e procedimentos administrativos referente a licenciamento ambiental, autorizações ambientais, autorizações florestais e anuência prévia para desmembramento e parcelamento de gleba rural, a serem cumpridos no território do Estado do Paraná, na forma da presente Resolução. De 24 de Agosto de 1998, **Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Disponível em: < [http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao\\_ambiental/Legislacao\\_estadual/RE\\_SOLUCOES/Resolucao\\_SEMA\\_31\\_1998.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RE_SOLUCOES/Resolucao_SEMA_31_1998.pdf) >. Acesso em: 16 Jun. 2014.

PASSOS, Marco Aurélio A. dos S. V. dos.; THOMÉ, Giselle dos Santos; SANTOS, José Mauricio G. dos. **Compostagem de Carcaças de Frango: Uma Revisão**. In: V Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Científica, 26 a 29 de Outubro de 2010, CESUMAR- Maringá, Paraná. Disponível em: < [http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/mostras/quin\\_mostra/marco\\_aurelio\\_santos\\_passos\\_verissimo.pdf](http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/mostras/quin_mostra/marco_aurelio_santos_passos_verissimo.pdf) >. Acesso em: 02 Jun. 2014.

PIRES, Adriano Borges. **Análise de Viabilidade Econômica de um Sistema de Compostagem Acelerada para Resíduos Sólidos Urbanos**. 2011. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental – Curso de Engenharia Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, 2011. Disponível em: < <http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2011-2/Adriano%20Borges%20Pires.pdf> >. Acesso em: 07 Abr. 2014.

REIS, M.F.P., ESCOSTEGUY, P.V., SELBACH, P. **Teoria e Prática da Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo - RS, 2004.

SILVA, Leila Maria Sotocorno. **Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos em Locais contemplados com Coleta Seletiva: Influência da Triagem e da frequência do revolvimento**. 2009. 122 f. Mestrado em Engenharia de Edificação e Saneamento, Universidade Estadual de Londrina, 2009. Disponível em: < <http://www.uel.br/pos/enges/portal/pages/arquivos/dissertacao/54.pdf> >. Acesso em: 13 Jan. 2014.

SILVA, Lucimar Novaes da. **Processo de Compostagem com diferentes porcentagens de Resíduos Sólidos Agroindustriais**. 2007. 70f. Dissertação para obtenção de Mestrado em Engenharia Agrícola – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2007. Disponível em: < [http://tede.unioeste.br/tede/tde\\_arquivos/1/TDE-](http://tede.unioeste.br/tede/tde_arquivos/1/TDE-)

2008-01-31T100048Z-169/Publico/Lucimar%20Novaes%20da%20Silva.pdf >. Acesso em: 09 Ago. 2014.

SILVA, Norma Laís da Silva e. **Aterro Sanitário para Resíduo Sólidos Urbanos – RSU – Matriz para seleção da área de implantação.** 2011.68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2011. Disponível em: < <http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/NORMA%20LA%20C3%8DS%20DA%20SILVA%20E%20SILVA.pdf> >. Acesso em: 22 Nov. 2013.

SOUZA, André L. K.; et al. Compostagem com aeração forçada como alternativa de aproveitamento dos resíduos gerados pela agroindústria conserveira. **Revista Brasileira de Agrociência.** V. 16, n. 1-4, p. 69-75. Pelotas – RS, 2010. Disponível em: < <http://www2.ufpel.edu.br/faem/agrociencia/v16n1/artigo10.pdf> >. Acesso em: 09 Ago. 2014.

STANDARD METHODS. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1999.** Disponível em: < [http://www.mwa.co.th/download/file\\_upload/SMWW\\_1000-3000.pdf](http://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf) >. Acesso em: 01 Jun. 2014.

VALENTE, B. S; et al. Fatores que afetam o Desenvolvimento da Compostagem de Resíduos Orgânicos. **Revista Arch. Zootec**, vol. 58, p. 27. Disponível em: < [http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/07\\_18\\_48\\_1395REVISIONFatoresValente1.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/07_18_48_1395REVISIONFatoresValente1.pdf) >. Acesso em: 01 Jun. 2014.

VIDOTTI, Rose Meire; NETO, José Dias; GONÇALVES, Giovani Sampaio. **Compostagem orgânica: manejo adequados dos resíduos gerados nos laboratórios e setores ligados ao CAUNESP.** In: X Reunião Científica do Instituto de Pesca, out. 2009, São Paulo. Disponível em: < [ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/10recip/resumos/X\\_ReCIP\\_R53\\_174-176.pdf](ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/10recip/resumos/X_ReCIP_R53_174-176.pdf) >. Acesso em: 16 Jan. 2014.