

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS CURITIBA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E BIOLOGIA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PROCESSOS AMBIENTAIS**

**LETÍCIA GONÇALVES
REGIANE REQUE**

**INCORPORAÇÃO DE MEIOS DE CULTIVO MICROBIOLÓGICO EM
COMPOSTAGEM**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CURITIBA
2013**

**LETÍCIA GONÇALVES
REGIANE REQUE**

**INCORPORAÇÃO DE MEIOS DE CULTIVO MICROBIOLÓGICO EM
COMPOSTAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Processos Ambientais, do Departamento Acadêmico de Química e Biologia (DAQBI), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito para a obtenção do título de Tecnólogo.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Fátima de Jesus Bassetti.

**CURITIBA
2013**

**LETÍCIA GONÇALVES
REGIANE REQUE**

**INCORPORAÇÃO DE MEIOS DE CULTIVO MICROBIOLÓGICO EM
COMPOSTAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial à obtenção do grau de TECNÓLOGO EM PROCESSOS AMBIENTAIS pelo Departamento Acadêmico de Química e Biologia (DAQBI) do Câmpus Curitiba da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela seguinte banca examinadora:

Membro 1 – Prof^a. Dr^a. Lucila Adriani Coral

Departamento Acadêmico de Química e Biologia (UTFPR)

Membro 2 – Prof^a. Dr^a. Marlene Soares

Departamento Acadêmico de Química e Biologia (UTFPR)

Orientadora – Prof^a. Dr^a. Fátima de Jesus Bassetti

Departamento Acadêmico de Química e Biologia (UTFPR)

Coordenadora de Curso – Prof^a. Dr^a. Valma Martins Barbosa

Curitiba, 02 de maio de 2013.

Esta Folha de Aprovação encontra-se assinada na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

À **DEUS**, que nos guiou e iluminou durante a nossa jornada.

Aos nossos pais, pela dedicação, companheirismo, carinho e amor ofertados. Pela educação que concederam a nós, contribuindo para formação de nosso caráter e para as metas por nós determinadas. Agradecemos, especialmente, pelo incentivo e motivação incessáveis durante toda nossa vida acadêmica, que sem dúvidas foram essenciais em nossa jornada.

À Professora Fátima de Jesus Bassetti, por aceitar ser nossa orientadora e que, mesmo com tantas outras responsabilidades, soube nos conduzir de forma dedicada e comprometida, transmitindo conhecimentos necessários para realização deste trabalho de conclusão de curso.

À Professora Marlene Soares, que sempre com muita ternura, orientou-nos da melhor forma possível, contribuindo imensamente na realização das análises microbiológicas, além de nos ceder o laboratório de Microbiologia da UTFPR para realização das mesmas.

À Professora Valma Martina Barbosa e ao Professor Pedro Ramos da Costa Neto que, além de contribuir com sugestões e correções, cedeu-nos materiais importantíssimos para as práticas desempenhadas.

Aos membros da banca examinadora Professora Lucila Adriani Coral e Professora Marlene Soares, pelas sugestões e correções deste trabalho.

Ao Professor Antonio Carlos Vargas Motta, por ceder o Laboratório de Química do Solo, indispensável para a preparação e análise dos nutrientes agregados do composto.

Ao Professor Luis Carlos Biasi, por ceder o Laboratório de Micropropagação de Plantas onde se localizava a estufa de plantas, indispensável em todo o processo de compostagem.

Aos nossos amigos e colegas de laboratório, especialmente Bruna Vigo, Luis Onisanti, Morgana Andreatta e Rodrigo Duwe, que nos apoiaram em nossas dificuldades e contribuíram substancialmente para sua superação.

À Ellen, pelo auxílio, amizade e apoio prestado em todo o período, desde a montagem das composteiras até as análises do composto final.

Aos nossos companheiros Carlos E. Piemontez Maduro e Guilherme Pereira Belo, pelo amor e suporte a nós concedidos, pela compreensão, motivação e até mesmo pelos auxílios práticos prestados durante a realização de nosso trabalho.

RESUMO

GONÇALVES, Letícia; REQUE, Regiane. **INCORPORAÇÃO DE MEIOS DE CULTIVO MICROBIOLÓGICO EM COMPOSTAGEM.** Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia em Processos Ambientais do Campus Curitiba da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2013.

Este estudo teve como objetivo incorporar meios de cultivo microbiológico nutritivos, juntamente com restos de frutas e verduras, aparas grama e folhas secas em processo de compostagem, a fim de se verificar a influência do resíduo de Microbiologia no composto final. Fez-se o uso de bombonas plásticas com aeração forçada, sendo os experimentos realizados em um Estudo Preliminar e um Estudo Principal. No Estudo Principal, foram incorporados húmus e esterco de aves ao processo, objetivando-se aumentar o número de microrganismos e assim incentivar o processo, uma vez que não houve aumento de temperatura no Estudo Preliminar. Foram realizadas análises de pH, teor de Carbono, temperatura, aeração e teor de umidade no Estudo Principal. Ao final do processo, foi analisado o teor de nutrientes agregados e este comparado às propriedades de adubos orgânicos comerciais, como o húmus e o esterco de galinha. Constatou-se que a aplicação de meios de cultivo microbiológico nutritivo não influenciou a agregação ou disponibilização de nutrientes no composto em comparação a composto oriundo de compostagem sem a adição dos meios. Temperaturas baixas obtidas também no Estudo Principal impediram a esterilização do material obtido, o que impossibilita sua aplicação em sistemas agrícolas. Todavia, o produto final pode ser aplicado como corretivo de pH de solo no processo de calagem, por possuir um pH na faixa dos 7,0 - 8,0 e, de acordo com a quantidade de nutrientes encontradas, pode ainda ser utilizado como auxiliar na adubação de jardinagem. Conclui-se que a utilização de meios de cultivo em compostagem é apresentada como alternativa para destinação deste resíduo, frente a seu encaminhamento a aterros sanitários.

Palavras-chave: Compostagem. Meio de cultivo. Humificação. Fertilidade.

ABSTRACT

GONÇALVES, Leticia; REQUE, Regiane. **INCORPORATION OF MICROBIOLOGICAL CULTURE MEDIA IN COMPOSTING.** Coursework in Technology in Environmental Process, Campus Curitiba, Federal Technological University of Parana. 2013.

This study aimed to incorporate nutritious microbiological grown medium, along with fruit and vegetable scraps, grass clippings and leaves in the composting process, in order to verify the influence of the residue of Microbiology in the final compound. Made the use of plastic container with forced aeration, and the experiments were performed in a Preliminary and Main Study. In the main study, were incorporated poultry manure and humus to the process, aiming to increase the number of microorganisms and thus encourage the process, since there was no temperature increase in the Preliminary Study. Analyses of pH, Carbon content, temperature, aeration and moisture content for the Main Study. At the end of the process, we analyzed the nutrient content aggregated and compared this to the properties of commercial organic fertilizers such as compost and chicken manure. It was found that the application of microbiological nutrient culture media did not influence the aggregation or availability of nutrients compared to the compound coming from composting compound without the addition of grown medium. Low temperatures also obtained for the Main Study prevented sterilization of the material obtained, which prevents its application in agricultural systems. However, the final product may be applied as a soil pH correction in the process of setting, by having a pH in the range of 7.0 to 8.0 and in accordance with the amount of nutrients found can also be used as auxiliary fertilization gardening. It is concluded that the use of composting culture media is presented as an alternative for disposal of this waste, in front of its routing in landfills.

Keywords: Composting. Grown medium. Humus. Fertility

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama das Etapas da Compostagem	18
Figura 2: Representação de pilha estática	19
Figura 3: Representação de sistema Windrow	20
Figura 4: Representação de leira aerada	21
Figura 5: Compostor Almoverde	22
Figura 6: Compostor eletrônico Nature Mill	22
Figura 7: Compostores Caseiros	23
Figura 8: Bombonas Utilizadas como Composteiras – visão externa	31
Figura 9: Bombonas Utilizadas como Composteiras – visão interna	31
Figura 10: Gráfico da Temperatura no Estudo Preliminar	37
Figura 11: Gráfico da Temperatura do Estudo Principal	38
Figura 12: Gráfico do Teor de Umidade do Estudo Principal	39
Figura 13: Foto do Composto Final	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos Principais Grupos de Microorganismos envolvidos na Compostagem.....	20
Tabela 2- Quantidade Utilizada para a Montagem do Estudo Preliminar	35
Tabela 3 - Quantidades dos Materiais Utilizados para a Montagem do Estudo Principal	36
Tabela 4 - Métodos de Análises dos Macro e Micronutrientes	38
Tabela 5 - Acompanhamento da Umidade do Estudo Preliminar	41
Tabela 6 - Valores do pH da Amostra e Branco do Estudo Principal.....	42
Tabela 7 - Valores Obtidos na Análise de Carbono.....	44
Tabela 8- Valores de Nutrientes Agregados do Branco e Amostra x Húmus e Esterco Comerciais	45
Tabela 9 – Resultados das Análises Microbiológicas do estudo Principal.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Especificações, garantias e características dos fertilizantes orgânicos, misto e composto	28
Quadro 2: Classes de lodo de esgoto ou produto derivado - agentes patogênicos.....	28

LISTA DE SIGLAS

CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	Environmental Protection Agency
LESA	Laboratório de Engenharia de Sanitária e Ambiental
PCA	<i>Plate Count Agar</i>
PDA	<i>Potato Dextrose Agar</i>
pH	Potencial Hidrogeniônico
RHB	<i>Rapid Hicoliform Broth</i>
SECTAM	Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - PA
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 JUSTIFICATIVA	14
3 OBJETIVOS	15
3.1 OBJETIVO GERAL	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
4.1 FUNDAMENTOS E benefícios DA Compostagem	16
4.1.1 Fases da Compostagem	18
4.1.2 Sistemas de Compostagem	18
4.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA COMPOSTAGEM	23
4.2.1 Temperatura	23
4.2.2 Aeração	23
4.2.3 Umidade	24
4.2.4 Tamanho das partículas	24
4.2.5 pH	25
4.2.6 Relação C/N	25
4.3 COMPOSTAGEM E SUAS DIFICULDADES	26
4.4 LEGISLAÇÃO	27
4.5 MEIOS DE CULTIVO MICROBIOLÓGICO	29
5 METODOLOGIA	30
5.1 LOCAL DE MONTAGEM E DISPOSIÇÃO DO SISTEMA DE COMPOSTAGEM	30
5.2 MATERIAIS E INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE COMPOSTAGEM	30
5.2.1 Montagem das Composteiras de Estudo Preliminar	30
5.2.2 Montagem da Composteira do Estudo Principal	33
5.3 MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS	33
5.3.1 Temperatura	33
5.3.2 Aeração	33
5.3.3 Controle da Umidade	34
5.3.4 Acompanhamento do pH	34
5.3.5 Análise do Carbono	34
5.3.6 Análise do Nitrogênio	34
5.3.7 Determinação dos Nutrientes Agregados	35
5.3.8 Análises Microbiológicas	35
5.3.8.1 Contagem de bactérias heterotróficas	35
5.3.8.2 Determinação de coliformes totais	35
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6.1 ACOMPANHAMENTO DOS PARÂMETROS	37
6.1.1 Temperatura	37
6.1.2 Umidade	38
6.1.3 Acompanhamento do pH	40
6.1.4 Relação C/N	42
6.1.5 Influência dos meios de cultivo na composição final do produto	42
6.1.6 Parâmetros Microbiológicos	45
7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	46
REFERÊNCIAS	48

APÊNDICES.....	55
APÊNDICE A – Mistura de material úmido e solo, amostra – Estudo Principal.....	55
APÊNDICE B – Mistura material seco e material úmido - amostra Estudo Principal	55
APÊNDICE C – Sequência de cinco tubos positivos para presença de coliformes em RHB.....	56
APÊNDICE D – Sequência de três tubos positivos e dois tubos negativos para presença de coliformes em RHB.....	56
APÊNDICE E – Teste comprobatório para presença de <i>E. coli</i> utilizando-se reativo Kovacs – quatro tubos positivos e um negativo	57

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos considerados facilmente biodegradáveis, aqueles que são decompostos naturalmente pela ação bacteriana (HAMADA, 2003), apresentam a compostagem como alternativa para o seu tratamento. Segundo Nunes (2009), a prática da compostagem permite a reciclagem de resíduos orgânicos de forma a se obter como produto o húmus ou adubo orgânico. Este produto melhora a qualidade do solo através das suas propriedades de promover a liberação de nutrientes, reservar nitrogênio, reter umidade, promover a porosidade do solo, impedindo sua compactação e erosão, possuindo ainda o efeito tampão e atuando na prevenção de pragas (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2005).

Tendo em vista que a composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos tem uma média de 50% de orgânicos, a compostagem vem corroborar para a redução destes materiais em aterros sanitários ou lixão, minimizando significativamente os impactos ao meio ambiente, que são provocados pela produção do chorume e do biogás, que são produtos altamente poluentes para o solo, corpos hídricos e atmosfera (LIMA, 1995). Além de relativamente simples, a compostagem permite o reaproveitamento de diversos materiais como palha, podas, casca e penas, e é de três a quatro vezes menos custosa do que as adubações químicas (DINIZ - FILHO et al., 2009).

Para o estudo de microrganismos, foram desenvolvidos os denominados meios cultivo, preparações que consistem na associação qualitativa e quantitativa de substâncias que fornecem os nutrientes necessários ao desenvolvimento de microrganismos fora do seu meio natural. Considerando-se a diversidade metabólica dos microrganismos, há uma extensa variedade de cultivos, que atuam de acordo com as variadas exigências nutricionais (FERREIRA et al., 2011).

Quanto à sua aplicação, os meios de cultivo podem ser classificados de diferentes maneiras. Os seletivos suprimem o crescimento de determinados microrganismos em benefício de outros. Os meios diferenciais contêm substâncias que permitem estabelecer diferenças entre microrganismos. Já os nutritivos são designados como meios de cultivo gerais, pois são adequados ao crescimento e manutenção de vários microrganismos (SEELEY et al. 1991).

No universo de resíduos orgânicos facilmente degradáveis, têm-se os meios de cultivo nutritivos como exemplo, uma vez que possuem compostos oriundos de açúcares, como dextrose, amido, entre outros nutrientes essenciais para o

crescimento dos microrganismos (MERCK,1980; SINOGAS et al., 2003). Como meios de cultivo microbiológicos nutritivos amplamente utilizados podem ser citados o *Plate Count Agar* (PCA), destinado ao estudo de bactérias, e o *Potato Dextrose Agar* (PDA), com o qual se cultiva fungos (FAO, 2006). Depois de concluídas as análises microbiológicas, os laboratórios têm como procedimento submeter os meios de cultivo à esterilização (TODAR, 2011) e descartá-los como resíduo orgânico, devendo então ser destinados a aterros sanitários.

Vários estudos vêm sendo conduzidos em todo o mundo a respeito da compostagem, mas não há registros de meios de cultivo microbiológico que tenham sido submetidos a essa técnica.

2 JUSTIFICATIVA

Os resíduos orgânicos e não recicláveis da cidade de Curitiba e região metropolitana são encaminhados ao aterro sanitário da Estre Ambiental e ao aterro industrial da Essencis Soluções Ambientais. Localizado na Fazenda Rio Grande, o aterro da Estre Ambiental recebe em média a quantidade equivalente a 2.500t/dia de resíduos totais, sendo que aproximadamente 80% desse valor é referente a orgânicos. Já as quantidades recebidas pela Essencis não são divulgadas pela empresa.

Em média, é gerado 1kg/dia de meios de cultivo pelo Laboratório de Ensino e Pesquisa de Microbiologia da UTFPR. Esse valor oscila durante o semestre, dependendo do conteúdo das práticas e da frequência das aulas ministradas. Depois de esterilizados, os meios de cultivo são encaminhados a aterro sanitário.

Os resíduos orgânicos, mesmo altamente biodegradáveis, apresentam como inconveniência a geração do chorume (HINDRICH E KLEINBACH, 2004). Esta substância é extremamente poluente ao solo e água. Sua problemática está relacionada com a alta concentração de matéria orgânica, reduzida biodegradabilidade, presença de metais pesados e de substâncias recalcitrantes, exigindo-se, portanto, coleta e tratamento específicos (SANTOS, 2009). Assim como a dos demais resíduos orgânicos, a disposição de meios de cultivo em aterros acarreta na grande geração de chorume, uma vez que o material apresenta elevada umidade.

Entrando em vigor em 2 de Agosto de 2010, a Lei 12.305 dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos e exige que todos os materiais que possam ser reutilizados, reciclados ou compostados devem sê-lo, sendo os aterros sanitários o destino final apenas de rejeitos. Sendo assim, a compostagem é apresentada como uma excelente alternativa à reciclagem da matéria orgânica e sua consequente transformação em húmus. Com a utilização da técnica, além do reaproveitamento do material, deixa-se de encaminhá-lo a aterros sanitários, onde estaria ocupando volume e colaborando com a produção de chorume e biogás, diminuindo, portanto, a vida útil do aterro (BOCCHIGLIERI, 2005).

Fontes simples de carbono, como a glicose presente em PCA e PDA, assim como os outros nutrientes presentes nos meios de cultivo, estimulam a microflora presente no solo, e este contribui para o processo de degradação dos resíduos.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Incorporar meios de cultivo microbiológico nutritivos em compostagem de resíduos orgânicos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Incorporar meios de cultivo microbiológico nutritivos em compostagem de resíduos orgânicos como restos de verduras, legumes, frutas, podas de grama e folhas secas.
- Monitorar os parâmetros como temperatura, umidade, relação C/N durante o processo de compostagem.
- Verificar influência dos meios de cultivo na composição final do produto obtido

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 FUNDAMENTOS E BENEFÍCIOS DA COMPOSTAGEM

De acordo com PROSAB (1999), a compostagem é uma técnica muito antiga usada como alternativa de destino para resíduos facilmente biodegradáveis, sendo assim um processo que emprega processos químicos, físicos e biológicos no qual, organismos, como bactérias e fungos, degradam a matéria orgânica, estabilizando-as.

Segundo a EPA (1991), Agência de Proteção Ambiental dos EUA, a compostagem é fundamental ao reaproveitamento de resíduos orgânicos que iriam para os incineradores e aterros. A EPA reconheceu a compostagem como método de controle de poluição de fonte difusa, uma vez que o uso de composto orgânico ajuda a prevenir a poluição de águas através da perda excessiva de nutrientes causada pela água da chuva.

A compostagem pode ser realizada em instalações de diversos tamanhos e níveis de tecnologia. Os materiais passíveis de utilização para esta técnica são variados, e incluem podas de jardim, sobras de comida, resíduos sólidos de origem biológica, aparas de madeira, penas e papel. Nos Estados Unidos da América, existem mais de 3.000 instalações de compostagem que processam milhões de toneladas de matéria orgânica, que, portanto, deixam de ser dispostas em aterros sanitários (U.S. COMPOSTING COUNCIL, 2008).

Além de contribuir para a redução do volume de resíduos encaminhado a aterros, a compostagem resulta em húmus. Adicionado ao solo, esse material melhora a sua porosidade, aumenta a sua permeabilidade e reduz a erosão. O composto orgânico resiste à compactação em solos de textura fina e, em solos de textura granulada, aumenta a capacidade de retenção de água e a agregação de partículas. Outra vantagem é que o húmus, além de conter vários nutrientes, favorece a troca de cátions do solo, o que permite a maior retenção desses elementos, e diminui a perda dos mesmos por lixiviação (WATER ENVIRONMENT FEDERATION, 1994).

Os microrganismos presentes no material a ser compostado, como as bactérias, os protozoários, os actinomicetos e os fungos, são os responsáveis pela decomposição da matéria orgânica. No composto, eles também melhoram a atividade das raízes, favorecendo as plantas na obtenção de nutrientes

(FUNASA, 2013). Na **Tabela 1** são apresentadas as características dos microrganismos envolvidos na compostagem.

Tabela 1 - Características dos Principais Grupos de Microrganismos envolvidos na Compostagem

Discriminação	Bactérias	Actinomicetos	Fungos
Substrato	Carboidratos, amidos, proteínas e outros compostos orgânicos de fácil decomposição	Substratos de difícil decomposição	Substratos de difícil decomposição
Umidade			Regiões secas
Oxigênio	Menos necessidade	Regiões bem aeradas	Regiões bem aeradas
Condições do meio	Neutro até levemente ácido	Neutro até levemente alcalino	Ácido à alcalino
Faixa de valores de Ph	6,0 a 7,7		2 a 9
Revolvimento	Não interfere	Desfavorável	Desfavorável
Significado durante a decomposição	a 80 a 90% da capacidade de degradação		
Temperatura	Até 75°C; redução da capacidade de degradação quando essa temperatura for ultrapassada.	Supõe que o limite de temperatura seja de 65°C	Limite de temperatura de 60°C
Função	Decompor a matéria orgânica, animal ou vegetal, aumentar a disponibilidade de nutrientes, agregar partículas no solo e fixar o nitrogênio	Decomposição dos resíduos resistentes de animais e vegetais, formação de húmus, decomposição em alta temperatura de adubação verde, feno, composto, etc.. e fixação do nitrogênio	Decomposição dos resíduos resistentes de animais e vegetais, formação de húmus, decomposição em alta temperatura de adubação verde, feno, composto, etc.. e fixação do nitrogênio

Fonte: Adaptado de Nassu (2003) citado por HEIDEMANN (2005)

Quanto ao controle da poluição, o produto da compostagem apresenta diversos benefícios. O composto prende-se ao nitrogênio e a outros nutrientes em excesso, que deixam de ser lixiviados e contaminar águas. Também se pode aplicar o material como um biofiltro, uma vez que metais pesados são por ele retidos. Por fim, pode-se citar a grande vantagem da utilização do composto que

é a de se evitar a ação de nematódios, fungos e demais organismos prejudiciais às plantas, o que reduz a necessidade de pesticidas químicos (EPA, 1991)

4.1.1 Fases da Compostagem

Para a efetiva maturação do composto, a compostagem apresenta fases ou estágios. A primeira fase é a mesófila, a qual consiste no despreendimento de calor decorrente da atividade microbiana dos organismos aeróbicos que degradam a matéria orgânica facilmente biodegradáveis (KIEHL, 1998).

A segunda fase é denominada como semicultura termófila. Nela, as temperaturas ficam em torno de 70°C, o que resulta na eliminação dos organismos patogênicos presentes no composto. A análise mais comum feita na detecção de patógenos é a determinação de organismos do grupo dos coliformes, indicadores de contaminação fecal (CETESB, 2007).

A terceira e última fase, conhecida como maturação, consiste no estágio final da degradação da matéria orgânica, onde o composto atinge a estabilização do material (BIDONE; SELBAH; REIS, 2003). Representa-se na **Figura 1** o diagrama com os estágios da compostagem.

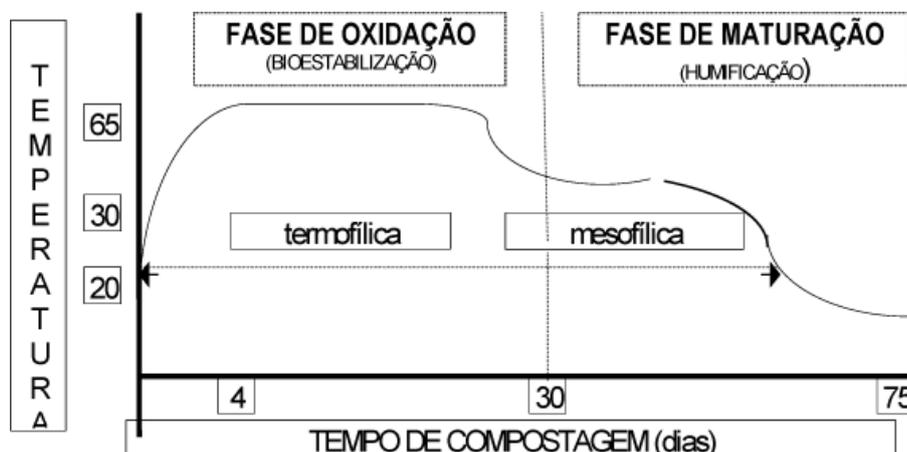


Figura 1: Diagrama das Etapas da compostagem

Fonte: Moura e Selvam (2006)

4.1.2 Sistemas de Compostagem

Dentre os diversos tipos de compostagem, podem-se destacar: pilhas estáticas, pilhas reviradas e leiras estáticas aeradas, que é o processo acelerado (FERNANDES, 1999). Convencionalmente, o termo “compostagem” remete à

montagem de leiras ou pilhas, porém, a massa a ser compostada pode ser disposta de diferentes maneiras, sendo ou não utilizados recipientes para seu acondicionamento (GASPAR, 2003).

Diversos manuais como o “Guia da Compostagem Caseira”, (RIBEIRO, 2011), apresentam metodologias para a construção de compostores de alvenaria ou até mesmo a partir de caixas de madeira ou bombonas plásticas. O importante em todos os sistemas de compostagem é que o recipiente permita a aeração da massa a ser depositada em seu interior.

A inconveniência da compostagem em leiras ou pilhas está no espaço que se faz necessário, pois este tipo de disposição exige um mínimo de 500 kg de material para a construção de uma pilha de 1,6 m de altura. Quantidades maiores exigem a construção de leiras de 1,5 a 3 m de base por 1,6 m de altura (PEREIRA NETO, 2011).

4.1.2.1 Pilhas estáticas

Este método consiste no não revolvimento das pilhas, exigindo-se, assim, pouco esforço. A limitação está no tempo exigido, pois a conclusão do processo pode levar até um ano. Como não há aeração, podem ocorrer zonas de anaerobiose nas pilhas e, conseqüentemente, a liberação de odores. (USEPA, 1994).

A **Figura 2**, a seguir, demonstra um exemplo de pilha estática, sem qualquer sistema de aeração.

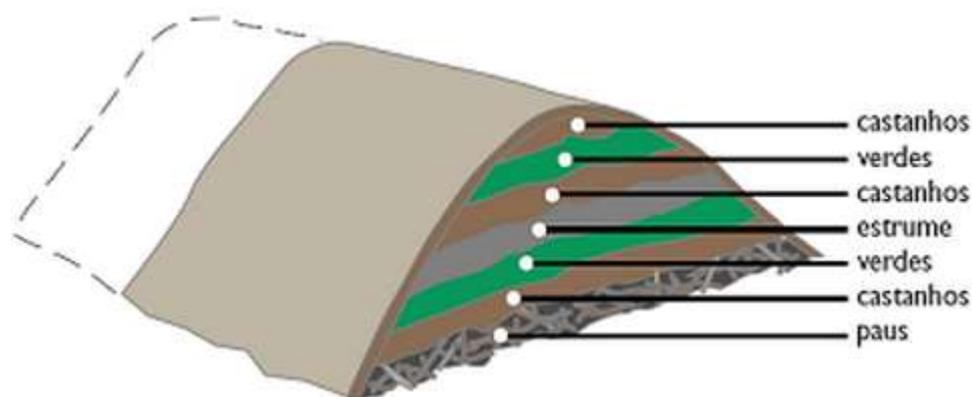


Figura 2: Representação de pilha estática

Fonte: <http://bi.gave.min-edu.pt/bi/3eb/802/3572>

4.1.2.2 Pilhas reviradas ou sistema Windrow

É o sistema mais utilizado para a compostagem de resíduos sólidos urbanos, e consiste em longas pilhas que são reviradas frequentemente, a fim de manter as condições aeróbias do sistema. Ocorre a decomposição uniforme, pois a parte externa e mais fria da pilha entra em contato com a parte mais quente e com atividade microbiana mais intensa (PEREIRA NETO, 1999).

Os resíduos são dispostos em leiras de seção triangular, geralmente com 3,0 m de base e 1,5 a 2,0 m de altura, e são colocadas em locais abertos, no qual a aeração se faz pela convecção do ar atmosférico na massa do composto (CEMPRE, 2001).

A **Figura 3** a seguir representa um esquema de sistema *Windrow*, apresentado pela *Eurowaste*.

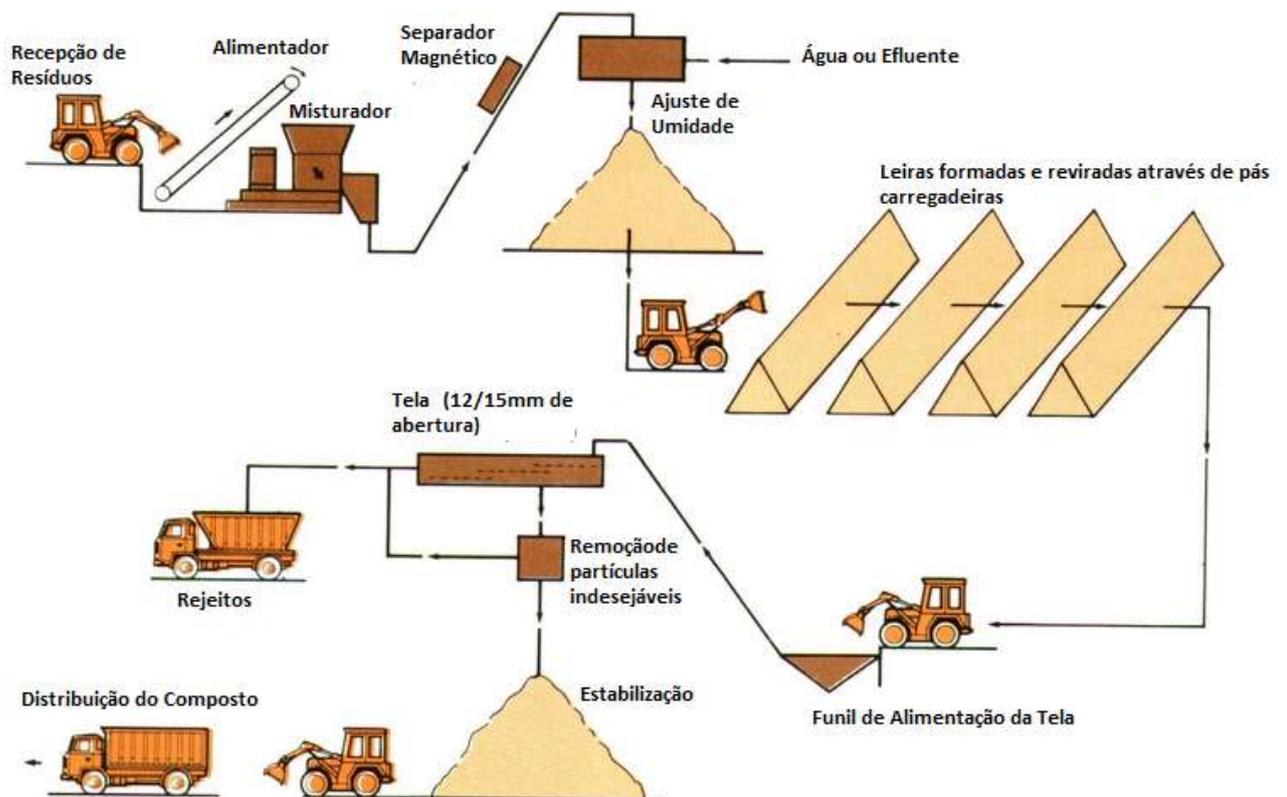


Figura 3: Representação de sistema Windrow

Fonte: Adaptado de Eurowaste

4.1.2.3 Leiras estáticas aeradas

As pilhas aeradas por vezes são chamadas de leiras com aeração forçada, que consistem na montagem das leiras sobre canos perfurados, por onde irá passar

o ar proveniente de bombas sopradoras ou ventiladores. Cada pilha tem um soprador ou exaustor individual para melhor controlar a aeração. O ar é introduzido para prover a transformação biológica que ocorre dentro da pilha. O tempo de compostagem é de três a quatro semanas, e depois mais quatro a cinco semanas para a cura do material. Cavacos de madeira podem ser utilizados para melhorar e controlar a granulometria e a temperatura do material a ser compostado (KIEHL, 1998).

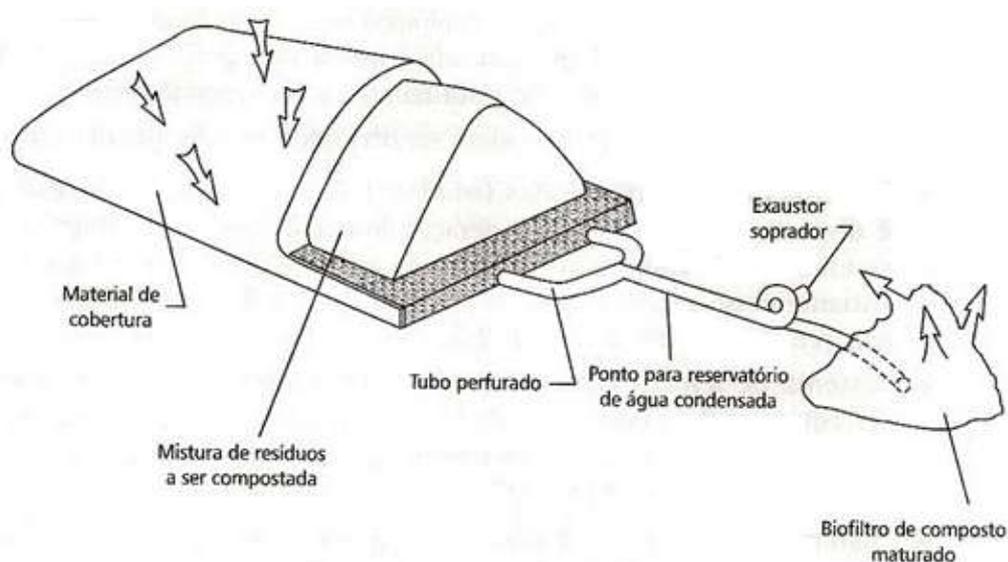


Figura 4: Representação de leira aerada

Fonte: ANDREOLI, 2001

4.1.2.4 Compostores

A compostagem pode se dar em sistemas fechados, nos chamados compostores ou composteiros(as). Estes recipientes podem ser de variados materiais e tamanhos, podendo conter diferentes sistemas de aeração e até mesmo de captação de líquidos.

O compostor MILKO apresentado pela Almoverde, **Figura 5**, é feito com plástico reciclado e possui um sistema de ventilação com injeção de ar e base perfurada, permitindo a aeração do material a ser compostado. A empresa afirma que o sistema apresentado é capaz de gerar o adubo orgânico em 2 a 4 meses.



Figura 5: Compostor Almoverde

Fonte: <http://www.almoverde.pt/cms07/pdf/compostores.pdf>

O mercado oferece uma extensa variedade de compostores, que podem, inclusive, ser adaptáveis a espaços pequenos como cozinhas de apartamentos, e/ou serem baseados em tecnologias mais complexas, como é o caso de compostores eletrônicos, como o modelo da empresa Nature Mill, representado na **Figura 6**.



Figura 6: Compostor eletrônico Nature Mill

Fonte: Nature Mill

Além das composteiras comerciais, ainda há a possibilidade da construção de compostores caseiros. O Guia da Compostagem Caseira, de Ribeiro e Verdaguer (2011), apresenta diversos modelos de composteiras caseiras (**Figura 7**), que podem ser construídas com caixas de madeira, tijolos e PVC ou até mesmo em bombonas plásticas perfuradas.

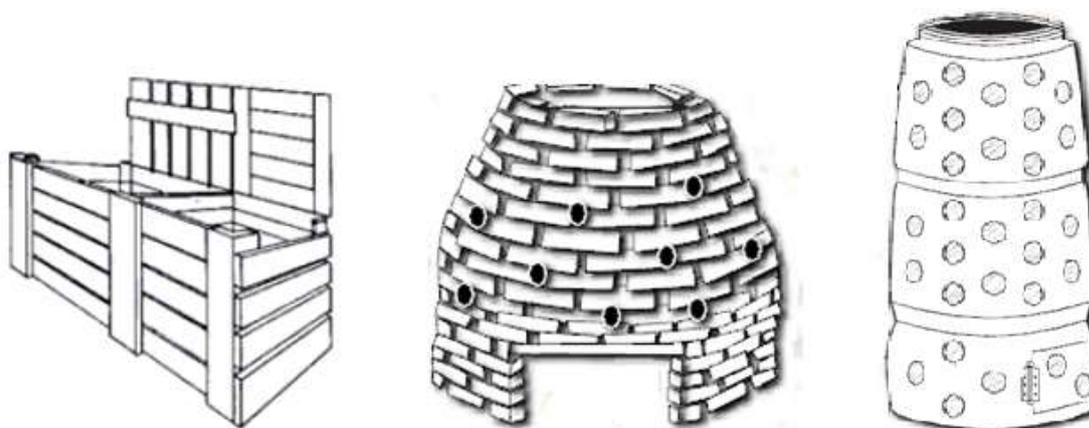


Figura 7: Compostores Caseiros

Fonte: Adaptado de Guia da Compostagem Caseria (2011).

4.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA COMPOSTAGEM

4.2.1 Temperatura

O valor médio da temperatura indicado para a compostagem deve ser entre 40°C e 60°C. Em temperaturas abaixo de 37°C, o processo fica muito lento. Temperaturas superiores a 60°C extrapolam a chamada temperatura ótima de metabolismo, podendo haver a destruição dos microrganismos mineralizadores através da desnaturação de enzimas (INCKEL et al., 2005)

Temperaturas termófilas (45 – 65°C) devem ser atingidas no período de 12 a 24 horas após a montagem das composteiras, devendo ser mantidas durante a primeira fase do processo de compostagem, uma vez que desta forma se consegue a eliminação de microrganismos patogênicos e também é acelerada a degradação dos materiais. Temperaturas inferiores a 40°C devem ser obtidas na fase final do processo, indicando-se a maturação do composto (PEREIRA NETO, 1996).

4.2.2 Aeração

Para Barrington et al. (2003), o controle minucioso da aeração é importante influência no crescimento das populações microbianas desejadas, influenciando na velocidade de oxidação do material. Havendo quantidade insuficiente de oxigênio, ocorre anaerobiose, fator que colabora com a formação de chorume.

A aeração pode ser natural ou forçada. A aeração natural pode ser realizada através da difusão, revolvimento ou introdução de canos/tubos no material a ser compostado. A aeração forçada é feita por introdução mecânica de ar no sistema, o que permite melhores temperaturas (PEREIRA NETO, 2011).

Independentemente da tecnologia utilizada, a aeração do material a ser compostado faz-se imprescindível durante a fase inicial da compostagem, em que a atividade microbiana é intensa. Já na fase de maturação, a atividade microbiana é mais reduzida, sendo a aeração menos requisitada (PROSAB, 1999).

Oliveira et al (2008) afirmam que a aeração é recomendada a partir do 15º dia após o início do processo. Segundo os autores, no caso da realização do reviramento manual, este se faz necessário a cada três semanas, sendo que o último reviramento seria acompanhado do abaixamento lento da temperatura, indicando-se a estabilização do material. No caso de aeração forçada, um exemplo de mecanismo é o utilizado por Souza et al. (2010), em que sensores de temperatura foram instalados nos reatores e, ao se ultrapassar os 60°C, o aerador era acionado, mantendo-se constante a temperatura do material.

4.2.3 Umidade

A faixa indicada para este parâmetro é entre 40 e 60% (KIEHL, 1998). A umidade excessiva conduz a anaerobiose, desenvolvida através da ocupação dos poros do material pela água, o que muitas vezes pode acabar atraindo vetores e lixiviando líquidos, situações atribuídas à geração de gases.

Já a umidade abaixo de 40% dificulta a degradação dos resíduos pela inibição da atividade dos microrganismos, tornando o processo demasiadamente lento (PEREIRA NETO, 2011).

4.2.4 Tamanho das partículas

Bidone, Selbah e Reis (2003) citam como o ideal diâmetro das partículas que compõem a massa a ser compostada como entre 3 cm e 5 cm. A correção do tamanho das partículas faz-se necessária, para a homogeneização da massa, com isso melhorando a sua porosidade, o que conseqüentemente favorece a aeração. Além disso, dá-se o aumento da área superficial para degradação, redução da

possibilidade de compactação e aceleração do tempo de compostagem (PEREIRA NETO, 2011).

4.2.5 pH

A relevância do controle assíduo dos níveis de pH durante o processo de compostagem é algo ainda bastante discutido. A faixa ótima de pH para o desenvolvimento de bactérias fica entre 6 e 7,5 (PEREIRA NETO, 1986), enquanto que os fungos tem uma faixa maior, entre 5,5 e 8 (ALEXANDER, 1977).

De forma geral, uma leira de matéria orgânica tem inicialmente reação ácida devido à formação de ácidos decorrentes da decomposição da matéria orgânica. Com o desenvolvimento do processo de compostagem, as reações ácido-base e óxido-redução tendem a regular a acidez, conferindo ao produto formado um pH entre 7,0 e 8,5 (VALENTE et al., 2009).

Já se o material aplicado possui característica ácida, apresentando pH próximo a 5, a atividade microbiana tornar-se-á reduzida e o composto poderia não atingir a fase mesófila (JIMENEZ; GARCIA, 1989).

Tendo-se o conceito de que a faixa ideal de pH para os microrganismos que atuam na compostagem é entre 6,5 e 8 (PEIXOTO, 1988), os trabalhos realizados na área tendem a se preocupar no controle do parâmetro dentro desses limites. Todavia, Pereira Neto (2011) afirma que experimentos realizados pelo Laboratório de Engenharia de Sanitária e Ambiental – LESA da UFV, Universidade Federal de Viçosa, indicam que a faixa de pH para o desenvolvimento é muito ampla (4,5 – 9,5), pois os níveis extremos deste parâmetro seriam automaticamente regulados pelos organismos de acordo com a necessidade do meio. Isso se daria por meio da degradação dos compostos, que produziram subprodutos ácidos ou básicos.

4.2.6 Relação C/N

Limitante ao processo de compostagem, o parâmetro da relação C/N é o principal a ser seguido, uma vez que o carbono atua como fonte de energia aos microrganismos e o nitrogênio é fundamental à reprodução protoplasmática (PEREIRA NETO, 1996).

Segundo FONSECA (2000), a relação C/N inicial para uma alta eficiência nos processo é de 30:1, enquanto que o composto semicurado deve apresentar a relação de 18:1. Por fim, é esperada uma relação 10:1 para composto já humificado.

Uma relação C/N inicial maior que 30:1 fará com que o processo ocorra mais lentamente, devido à deficiência de nitrogênio para os microrganismos (PEREIRA NETO, 1996). Na presença de nitrogênio em demasia, segundo BIDONE, SELBAH e REIS, (2003). o processo também ocorreria mais lentamente, pois os microrganismos têm a necessidade de eliminar o excesso de nutriente na forma de amônia, conferindo mau cheiro.

4.3 COMPOSTAGEM E SUAS DIFICULDADES

Em consulta a diversos trabalhos desenvolvidos a cerca da compostagem, percebem-se grandes dificuldades em se obter resultados satisfatórios neste processo, que muitas vezes é tido como bastante simples.

Bruni (2005) teve como objetivo a avaliação da viabilidade técnica do tratamento de lodo de esgoto, associada a uma fonte de carbono. Neste estudo, acabou sendo identificada a excessiva umidade do material, que ficou entre 74,6% e 67,8%, além da errônea dosagem do lodo utilizado, uma vez que a relação C/N apresentou um resultado abaixo de 10:1. Em uma das bateladas, a temperatura acabou não atingindo os 50°C como se pretendida.

Outro caso de problemas com a temperatura na compostagem é demonstrado por Sanchuki (2011), que teve como objetivo avaliar o processo de compostagem acelerada de cama de frango quanto às características químicas físicas e microbiológicas. Seu processo acabou não ultrapassando os 40°C, valor justificado pela baixa atividade microbiana.

Battisti e Battisti (2011), com o objetivo de avaliar a eficiência do esterco bovino e do microrganismo EM-4 na compostagem com resíduos de poda de árvore, obtiveram temperaturas mesófilas, sendo o aumento da temperatura dificultado pela utilização de folhas velhas. O recomendado pelos autores do trabalho foi que em próximos estudos se utilizasse folhas frescas, a fim de que o processo de oxidação pudesse contribuir com o aumento da temperatura da leira. Outro fato evidenciado foi a perda de calor para o ambiente, devido ao clima nublado e chuvoso.

Por sua vez, Archanjo e Silva (2005), apresentaram em uma primeira batelada, temperaturas inferiores às termófilas, enquanto que uma nova batelada resultou em temperaturas demasiadamente altas (acima 57,6°C), mesmo decorridos os dias que teriam sido necessários para a estabilização do material. Outro problema encontrado foi o não decréscimo do teor de carbono orgânico, explicado pela baixa relação C/N e eliminação de Nitrogênio, evidenciada pela presença de odores.

4.4 LEGISLAÇÃO

Ainda não se têm estabelecidas legislações brasileiras que normatizem a realização da compostagem. Todavia, há o estabelecimento de algumas diretrizes relacionadas ao produto final do compostagem, o fertilizante orgânico.

A Instrução Normativa Nº25 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA, 2012) classifica os fertilizantes orgânicos de acordo com sua origem:

I - 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;

II - 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;

III - 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; e

IV - 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 Instrução Normativa Nº25 ainda define algumas das especificações e características dos fertilizantes orgânicos, como demonstrado no **Quadro 1**.

Quadro 1: Especificações, Garantias e Características dos Fertilizantes Orgânicos, Misto e Composto

	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classes A, B, C, D
Umidade % (máx.)	50	50	50	70	50
N total (mín.)	1				
Carbono orgânico (mín)	15				10
CTC	300			600	300
pH (mín.)	6,00		6,50	6,00	6,00
Relação C/N (máx.)	18			12	
Relação CTC/C (mín.)	20			30	20
N, P, K ou soma NPK	2				

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Instrução Normativa Nº. 25 - Anexo III, 2009.

Quanto a parâmetros microbiológicos, pode ser citada a Resolução Nº 375 do CONAMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2006), que define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto. Ela distingue os tipos de lodo de acordo com a concentração de patógenos, conforme **Quadro 2**, a seguir.

Quadro 2: Classes de Lodo de Esgoto ou Produto Derivado - Agentes Patogênicos

Tipo de lodo de esgoto ou produto derivado	Concentração de patógenos
A	Coliformes Termotolerantes $<10^3$ NMP / g de ST Ovos viáveis de helmintos $< 0,25$ ovo / g de ST <i>Salmonella</i> ausência em 10 g de ST Vírus $< 0,25$ UFP ou UFF / g de ST
B	Coliformes Termotolerantes $<10^6$ NMP / g de ST Ovos viáveis de helmintos < 10 ovos / g de ST

Fonte: Ministério Do Meio Ambiente, Resolução do CONAMA nº 375, Tabela 3, 2006.

O CONAMA define como aplicável em sistemas agrícolas, salvo em cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, e culturas inundadas, somente o lodo de classe "A".

4.5 MEIOS DE CULTIVO MICROBIOLÓGICO

Considerando a diversidade metabólica existente, foram desenvolvidos vários tipos de meios de cultivo para se atender às diferentes necessidades nutricionais microbiológicas. Indubitavelmente, deve-se também atentar a fatores como pH, temperatura e umidade (TORTORA et al. 2005).

Existem vários tipos de meios de cultivo. Àqueles que não recebem agente solidificante, dá-se o nome de caldo nutritivo e os que recebem adição do agente que confere solidez, podem ser sólidos ou semi-sólidos. Normalmente, o agente solidificante utilizado é o ágar, um atóxico carboidrato extraído de algas marinhas vermelhas que não é degradado pelos microrganismos (SINOGAS et al. 2003).

Os meios de enriquecimento são formulados de forma a proporcionar o crescimento de microrganismos de lento crescimento ou, então, microrganismos que exigem nutrientes mais complexos. Esses meios estimulam o crescimento de determinados microrganismos, mas também podem inibir o crescimento de outros. Um exemplo é o Caldo Tetrionato e Selenito-Cistina para cultivo de Salmonelas (INHUMAS, 2012).

Os meios de cultivo diferenciais possuem a propriedade de favorecer o desenvolvimento de variados microrganismos de forma em que seja possível a distinção dos mesmos, como é o exemplo do Ágar MacConkey, diferenciador de enterobactérias (SCHARLAB, 2013).

Os meios de cultivo seletivos contêm substâncias que permitem o crescimento de determinados microrganismos, mas inibem o crescimento de outros, como o *Baird-Parker*, utilizado para isolamento de *Staphylococcus aureus* (VALUE, 2013).

Há ainda os meios nutritivos ou básicos, cuja função é favorecer o crescimento de microrganismos, podendo ser aplicados a uma variedade de gêneros e espécies, sendo assim bastante usuais. O *Plate Count Agar* – PCA- é um exemplo de meio de cultivo nutritivo utilizado no desenvolvimento de bactérias. Entre seus componentes podem ser citados o carbono, nitrogênio e fósforo, oriundos da glicose, peptona de caseína e extrato de levedura (MERCK, 1980). O *Potato Dextrose Agar* – PDA, utilizado no desenvolvimento de fungos apresenta como fontes de nutrientes o amido de batata, extrato de carne, proteose peptona dextrose e cloreto de sódio.

5 METODOLOGIA

5.1 LOCAL DE MONTAGEM E DISPOSIÇÃO DO SISTEMA DE COMPOSTAGEM

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Micropropagação de Plantas (Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo) e no Laboratório de Química do Solo (Departamento de Solos e Engenharia Agrícola) da Universidade Federal do Paraná - UFPR – *Campus Agrárias*.

Em parceria com o Professor Responsável Luis Antonio Biasi, foi possível a utilização do Laboratório de Micropropagação de Plantas para montar e dispor as composteiras, possibilitando que ficassem dispostas em ambiente climatizado em 25°C, e desta forma, dificultar-se-ia a perda de calor do material para o ambiente externo.

5.2 MATERIAIS E INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE COMPOSTAGEM

5.2.1 Montagem das Composteiras de Estudo Preliminar

Para a montagem das composteiras, definiu-se a utilização de compostores, uma vez que estes sistemas dificultam a troca de calor e umidade entre material e meio, além de afastar vetores. Foram utilizadas bombonas (**Figura 08 e 09**) de volume igual a 100 L, cedidas pelo professor Pedro Ramos da Costa Neto. Em seu interior, os recipientes possuíam um sistema de canos perfurados, que foram acoplados a um secador de cabelo com potência de 1500 W a fim de promover a aeração do material a ser compostado.



Figura 8: Bombonas Utilizadas como Composteiras – visão externa



Figura 9: Bombonas Utilizadas como Composteiras – Visão Interna

A fim de se verificar a aplicabilidade do método, foi conduzido um Estudo Preliminar, que incluiu a montagem das composteiras, aeração e a medida do teor de umidade no início e fim do processo. A partir da montagem do sistema, o Estudo Preliminar foi conduzido por 30 dias, período necessário para verificação da eficiência da fase termófila.

Foram utilizadas duas composteiras: uma com o conteúdo denominado como branco, cuja composição não incluía os meios de cultivo, e a outra denominada amostra, relativa ao material com adição dos meios de cultivo *Plate Count Agar* – PDA e *Potato Dextrose Agar* - PDA. A proporção utilizada para a montagem foi de 7:3 (EMBRAPA, 2009) de material orgânico para material seco e suas quantidades estão relacionadas na **Tabela 2**.

Tabela 2- Quantidade Utilizada para a Montagem do Estudo Preliminar

MATERIAL	Branco (kg)	Amostra (kg)
Folhas e Cascas	7	6
Palha	2,5	2,5
Solo (material seco)	0,5	0,5
Meio de cultivo	–	1

Tal preparo iniciou-se com o corte da palha, das cascas de frutas, talos e verduras, de forma a facilitar a segregação e posterior homogeneização, além de facilitar a decomposição do material. Depois de pesado, todo o material foi homogeneizado manualmente sobre sacos plásticos.

Para a realização das análises foi realizado o quarteamento do conteúdo a ser aplicado nas diferentes composteiras, a fim de se obter amostras homogêneas e representativas. Tal procedimento foi realizado de acordo com a NBR 10007 (ABNT, 2004).

A fim de facilitar a aeração e evitar a compactação do material, foram utilizados galhos de Araucária (*Araucaria angustifolia*), que foram depositadas no interior das bombonas antes destas receberem o material homogeneizado. Metade do conteúdo das misturas foi adicionada em cada uma das respectivas bombonas e, em seguida, fez-se mais uma camada de galhos de Araucária. A seguir, adicionou-

se o restante das misturas nas bombonas e finalizou-se com uma última camada de galhos, sendo as composteiras fechadas com tampas plásticas perfuradas.

5.2.2 Montagem da Composteira do Estudo Principal

As proporções, a preparação e os cuidados da montagem do Estudo Principal foram os mesmo do estudo preliminar, porém houve o acréscimo de restos de frutas, húmus e esterco comerciais, a fim de que fosse estimulado o aumento da temperatura, em consequência de maior atividade microbiana. As quantidades dos materiais são apresentados na **Tabela 3**. O processo relativo ao Estudo Principal foi conduzido por 60 dias.

Tabela 3 - Quantidades dos Materiais Utilizados para a Montagem do Estudo Principal

MATERIAIS	Branco (kg)	Amostra (kg)
Restos de frutas	6,0	5,0
Húmus	0,5	0,5
Esterco de galinha	0,5	0,5
Meio de cultivo	-----	1,0
Palha	2,0	2,0
Solo (material seco)	1,0	1,0

5.3 MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS

5.3.1 Temperatura

O acompanhamento da temperatura do material a ser compostado, nos estudos preliminar e principal, deu-se pela instalação de dois termômetros em cada bombona, depositados em locais distintos a fim de se obter uma média mais significativa das temperaturas. A leitura das temperaturas foi realizada três vezes ao dia, todos os dias, exceto finais de semana, em que a leitura era realizada uma vez ao dia.

5.3.2 Aeração

Para a aeração, foi utilizado um secador de cabelo instalado no sistema de canos, juntamente com o revolvimento manual. Ambas as técnicas foram realizadas

todos os dias, iniciando-se em 15 dias depois da montagem das composteiras, segundo o recomendado pelo SECTAM (2003) e EMBRAPA (2005).

5.3.3 Controle da Umidade

Por se tratar de um resíduo muito úmido, tanto os restos de frutas, verduras e legumes, quanto o meio de cultivo utilizado, foram coletadas amostras para realização da análise do teor de umidade no início do processo e depois de 30, 60 e 75 dias após a montagem do estudo principal. No estudo preliminar este parâmetro foi medido no início e no final do processo.

Os resíduos foram colocados em cápsulas de porcelana já pesadas e que haviam permanecido 2 horas na mufla, com uma temperatura de 550°C. Tais cápsulas foram colocadas em estufa, a 100°C e permaneceram por 24 horas, até ser atingido peso constante (QUEIROZ, 2007).

5.3.4 Acompanhamento do pH

O pH foi acompanhado apenas no Estudo Principal, uma vez que diversas literaturas, como Pereira Neto (1987) indicam que os microrganismos apresentam condições de sobrevivência em uma ampla faixa de pH (KLESS, 1986).

A medição foi realizada tanto no momento de montagem das composteiras, como após os 60 dias. As análises foram realizadas pelo método do potenciômetro com eletrodo combinado, sugerido por SCHOFIELD E TAYLOR (1955).

5.3.5 Análise do Carbono

A quantificação de carbono orgânico na amostra e branco do estudo principal foi realizada pelo método da oxidação do Carbono Orgânico pela solução de Dicromato de Sódio em Ácido Sulfúrico, e a leitura em espectrofotômetro colorimétrico (QUAGGIO; RAIJ, 1979).

5.3.6 Análise do Nitrogênio

A determinação do Nitrogênio foi terceirizada, sendo aplicada a metodologia de nitrogênio total, pelo equipamento Kjeldahl (VOGEL, 1992). Enfatiza-se que esta

análise, assim como a de pH, Carbono e Nutrientes agregados, foi apenas conduzida no Estudo Principal.

5.3.7 Determinação dos Nutrientes Agregados

Foram feitas análises de nutrientes no início e ao final do processo, através de metodologias semelhantes às que foram realizadas para a análise de solos. Tais análises foram: Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, P, K e Al, como segue na **Tabela 4**.

Tabela 4 - Métodos de Análises dos Macro e Micronutrientes

PARÂMETRO	MÉTODO	METODOLOGIA
Ca, Mg	Absorção Atômica	Basset et al.(1978)
Fe, Zn, Cu, Mn	Absorção Atômica	APHA (1992)
K	Fotometria de chama	Tedesco et al. (1995)
P	Colorimetria em espectrofotômetro	Alvarez et al. (2000)
Al	Titulometria	Cantarella, Dechen e Raji (1981)

5.3.8 Análises Microbiológicas

Foram analisadas amostras do branco e do material compostado com meios de cultivo ao final do processo.

5.3.8.1 Contagem de bactérias heterotróficas

A determinação de bactérias heterotróficas foi realizada em duplicata, a partir do método de contagem em placas regulamentado pela Norma Técnica L5.201 da CETESB (CETESB, 2006). O material foi inoculado em *Plate Count Agar* – PCA, sendo que a incubação das placas foi realizada por um período de 24 horas a 36°C.

5.3.8.2 Determinação de coliformes totais

Para verificar a presença de coliformes totais e estimar a quantidade da bactéria *Escherichia coli* foi escolhido o método de tubos múltiplos regulamentado pela Norma Técnica L5.406 da CETESB (CETESB:2007), sendo utilizado o *Rapid Hicoliform Broth* como meio de cultivo, adaptando-se a metodologia determinada pelo *Standard Methods, For the Examination of Water and Wastewater, Method*

9223 (APHA, 1992) As análises foram realizadas em duplicata, sendo a incubação realizada a 36°C por um período de 24 horas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ACOMPANHAMENTO DOS PARÂMETROS

6.1.1 Temperatura

Nas **Figuras 10 e 11** pode ser visualizada a oscilação da temperatura, respectivamente, para os estudos Preliminar e Principal.

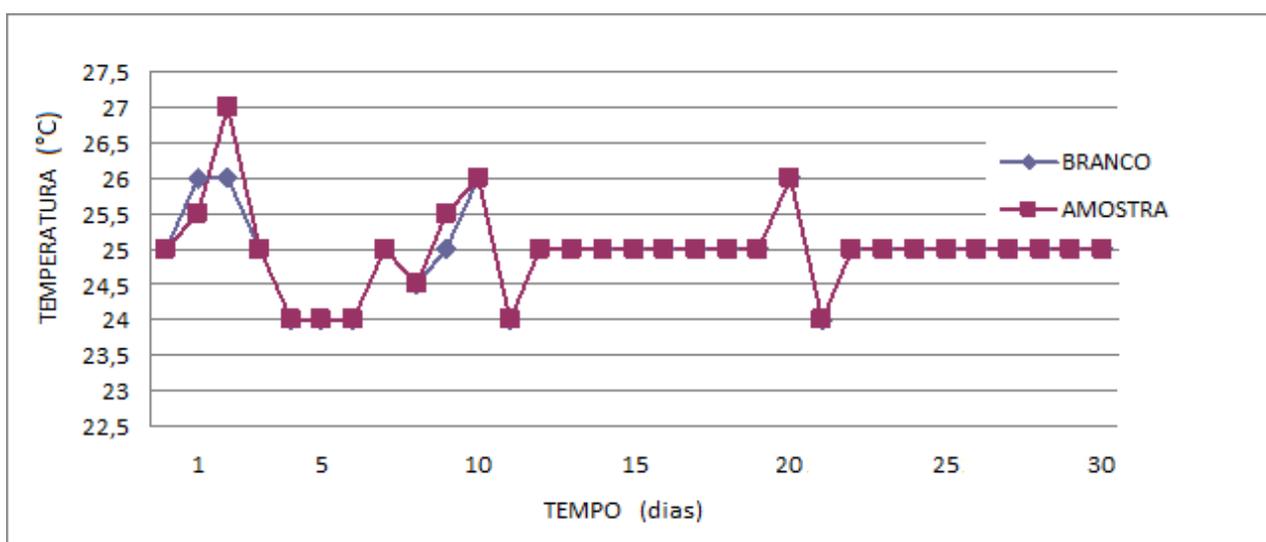


Figura 10: Gráfico da Temperatura no Estudo Preliminar

Pode ser observado que no Estudo Preliminar temperatura média foi de 25°C desde a montagem das composteiras. Possivelmente, a falta de diversidade dos materiais utilizados não permitiu o aumento da temperatura. Os principais responsáveis pela elevação da temperatura, segundo Valente, Xavier e Morselli (2009) são os microrganismos termófilos, que degradam a matéria orgânica. Os materiais adicionados foram apenas folhas e talos de verduras e legumes que, por possuírem muita celulose, são de difícil decomposição microbiana.

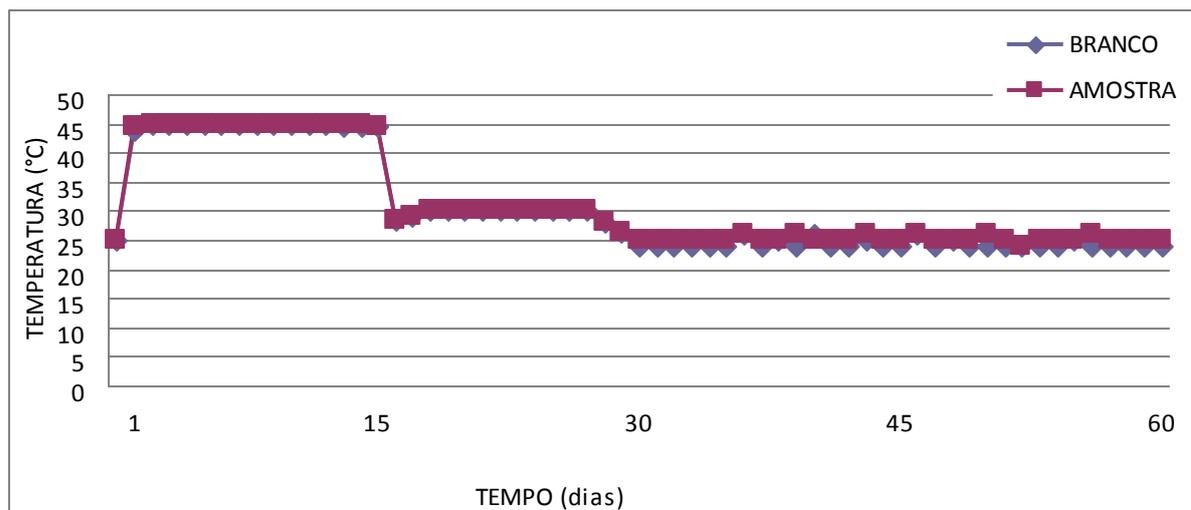


Figura 11: Gráfico da Temperatura do Estudo Principal

No Estudo Principal foram adicionados outros elementos para auxiliar o aumento da temperatura. Dentre eles, podem-se citar os microrganismos, pois foram colocados húmus e esterco de galinha, juntamente com os demais materiais. Deste modo, com a diversidade de alimentos como, frutas, verduras e legumes, foi possível alcançar a temperatura máxima de 45°C, mantida por 15 dias, e que , segundo PROSAB (1999), é uma temperatura ideal para o início da compostagem. Todavia, a temperatura foi reduzida, sendo medidos 25°C após 30 dias, temperatura que permaneceu assim durante o restante do processo. Essa diminuição da temperatura pode ter sido ocasionada por perda de calor para o ambiente, pois as bombonas estavam localizadas em uma estufa climatizada a 25°C ou por aeração deficiente (EMBRAPA, 2010).

Em ambos os estudos, percebe-se que a oscilação da temperatura para branco e amostra foi bastante similar, demonstrando-se, portanto, não houve influência da adição dos meios de cultivo na atividade dos microrganismos.

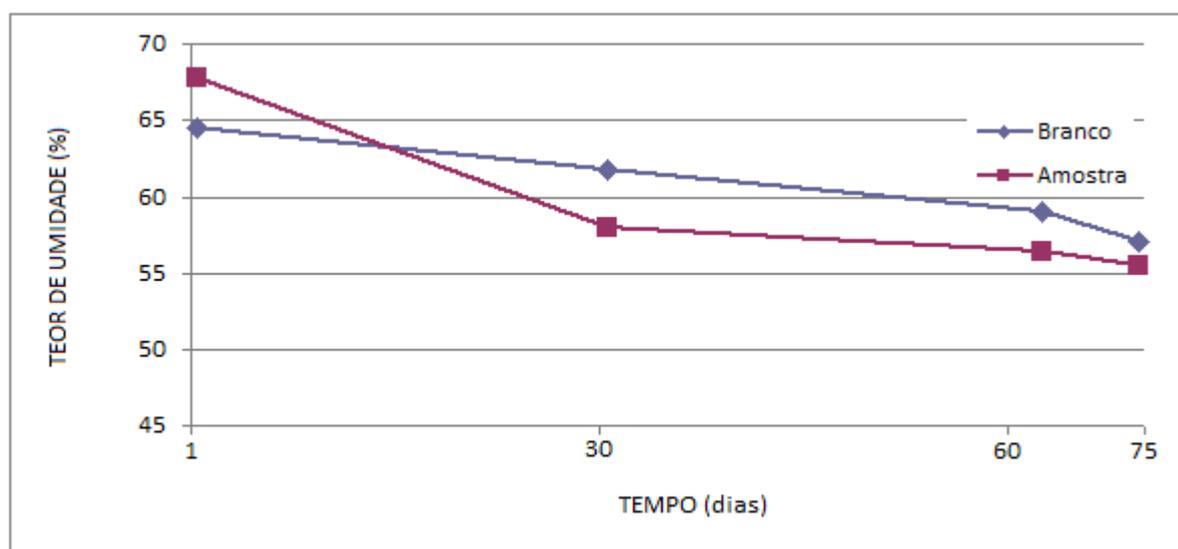
6.1.2 Umidade

Os resultados das análises do teor de umidade relativos ao Estudo Preliminar e ao Estudo Principal estão apresentados na **Tabela 5** e **Figura 12**, respectivamente.

Tabela 5 - Acompanhamento da Umidade do Estudo Preliminar

Teor de umidade		
	Início	Final
Branco	59,12%	61,23 %
Amostra	65,18%	66,16%

De acordo com a **Tabela 5**, pode-se perceber que o teor de umidade se manteve alto, ultrapassando o limite máximo indicado, que é de no máximo 60% (NUNES, 2009). Observa-se que os valores apresentados na **Tabela 5** são bastante próximos, o que indica que o teor de umidade se manteve constante no período de compostagem. Os valores altos relacionam-se ao fato da temperatura não ter aumentado significativamente, o que dificultou a evaporação dos líquidos gerados (PROSAB, 1999).

**Figura 12: Gráfico do Teor de Umidade do Estudo Principal**

Através da **Figura 12** é possível perceber que ao longo do processo houve uma pequena redução do teor de umidade das composteiras relativas ao Estudo Principal. Ainda assim, os valores apresentados foram próximos aos limites aconselhados, de 50 a 60% (KIEHL, 2004). Tais valores podem ter sido influenciados pela quantidade de restos de alimentos com excesso de água, como as frutas (no caso da segunda batelada) e aeração deficiente, pois a quantidade de

ar injetada é um dos fatores principais para o controle da umidade (PEREIRA NETO, 2004).

Percebe-se que os teores de umidade referentes à amostra são superiores em comparação aos do branco, o que está relacionado a aplicação dos meios de cultivo, uma vez que a análise do teor de umidade desses materiais detectou o resultado de 97,76% para PCA (*Plate Count Agar*) e 97,87% para PDA (*Potato Dextrose Agar*).

6.1.3 Acompanhamento do pH

A **Tabela 6** apresenta os valores obtidos para o pH da amostra e do branco do Estudo Principal.

Tabela 6 - Valores de pH da Amostra e Branco do Estudo Principal

	Inicial	Final
Branco	7,9	8,6
Amostra	7,8	8,3

Através da **Tabela 6** pode-se perceber que os valores de pH tiveram um pequeno aumento, desde o início até o final do processo de compostagem.

Considera-se que o pH pode interferir no processo de compostagem, pois valores muito baixos ou muito altos podem inibir a atividade microbiana. Entretanto, os valores obtidos na segunda batelada podem ser considerados satisfatórios tendo-se como base os estudos de Sherman (1999) que afirma que a compostagem pode ser realizada em pH entre 5,5 e 9,0 e de Pereira Neto (2004), cujos estudos demonstraram que valores de pH podem variar em uma faixa de 6,0 a 8,5 para que haja o crescimento de fungos e bactérias. Em contrapartida, considerando os trabalhos de Paiva et al. (2010), em que valores de pH próximos de 9,0 em compostagem a tornariam mais lenta, os resultados finais encontrados poderiam ter influenciado negativamente o processo, contribuindo até mesmo com a não estabilização do material. Em valores de pH acima de 8,0 pode haver a liberação de

amônia, causando mau cheiro (FERNANDES,1999), entretanto este fato não foi evidenciado neste estudo.

6.1.4 Relação C/N

Através da **Tabela 7**, percebe-se que houve um pequeno decréscimo no valor do carbono, o que é coerente, pois há consumo do carbono pelos microrganismos presente no material (KIEHL, 1998).

Tabela 7 - Valores Obtidos na Análise de Carbono

	Carbono (g/kg)	
	INICIO	FINAL
Branco	45,63	34,56
Amostra	36,81	26,81
Húmus*	122,4	----

*Húmus utilizado como suplemento de matéria orgânica na montagem das composteiras.

Segundo a Tibagi Sistemas Ambientais Ltda, empresa com mais de 15 anos de experiência em compostagem, o valor ótimo de carbono orgânico depois de concluída a compostagem deve ser superior a 40%. Deste modo o resultado obtido foi próximo ao valor indicado (TIBAGI AMBIENTAL,2013).

Pode-se considerar um valor desejável para um composto maturado, uma relação C/N na faixa de 8/1 a 12/1, sendo indesejável a utilização de um composto que tenha uma relação C/N acima de 18/1, o que demonstra a não maturação do material (AZEVEDO, 2000). Os valores referentes à determinação de nitrogênio, resultantes de análise terceirizada, foram incoerentes, o que acabou impossibilitando o cálculo da relação C/N.

6.1.5 Influência dos meios de cultivo na composição final do produto

Os valores obtidos nas análises de nutrientes agregados para a amostra e o branco se encontram na **Tabela 8**, sendo comparados aos valores encontrados para solo, húmus e esterco.

Tabela 8- Valores de Nutrientes Agregados do Branco e Amostra x Húmus e Esterco Comerciais

Ca		Mg		Al		K		P		Cu		Mn		Fe		Zn		
Valores em cmol _c /dm ³				Valor em ppm				Valores em mg/kg										
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Branco	6,9	11,55	3,59	4,62	0,2	0,16	20,08	18,82	288,5	167,5	0,7	1,1	25,25	25,1	170,1	272,6	16,5	16,8
Amostra	6,5	9	3,26	3,87	0,17	0,15	16,68	13,96	247,5	251	0,9	0,7	46,75	24,5	97,6	252,2	19,4	15,5
Solo	1,23	-	0,44	-	2,33	-	0,11	-	2,7	-	1,23	-	0,44	-	2,33	-	1,7	-
Húmus	7,85	-	4,6	-	0	-	11,68	-	411,6	-	7,85	-	4,6	-	1,80	-	27,10	-
Esterco	1,7	-	2,75	-	0	-	21,3	-	996,8	-	1,7	-	2,75	-	2,40	-	30,80	-

Verificam-se na **Tabela 8** os valores de nutrientes agregados obtidos pela degradação da matéria orgânica dos meios de cultivo e restos de alimento, além do húmus e do esterco, utilizados como auxiliares. Não foi observada a contribuição do uso de cultivo microbiológico para a agregação de nutrientes no composto, uma vez que, salvo quanto ao Fósforo, os valores relativos à amostra no final do processo foram ligeiramente mais baixos que os relativos ao branco.

Comparando-se os valores do final aos do início do processo, verifica-se o aumento de alguns nutrientes, como o Cálcio e o Magnésio. Quanto ao Manganês, foi verificada sua redução, o que condiz com o fato deste elemento ser retido por ação dos microrganismos para o desenvolvimento de suas atividades microbiológicas (VOSS; THOMAS, 1998). Portanto, os nutrientes antes ligados à matéria orgânica foram liberados para a fração disponível, enquanto que os demais foram consumidos.

Segundo Raji et al. (1996) os adubos orgânicos podem ser de diversas fontes, como esterco bovino, esterco de aves, vinhoto, composto de resíduos urbanos (húmus), lodo de esgoto, torta de mamona, farinha de ossos, entre outros diversos. Porém, o que vai diferenciar o uso é a necessidade do solo e o tipo de plantio, pois o adubo orgânico é uma fonte lenta e duradoura de nutrientes. A **Figura 13** mostra a aparência do composto após o período da compostagem.



Figura 13: Foto do composto final

6.1.6 Parâmetros Microbiológicos

Os resultados dos parâmetros biológicos encontram-se na **Tabela 9**.

Tabela 9 – Resultados das Análises Microbiológicas do Estudo Principal

ANÁLISE	Branco	Amostra
Heterotróficas (UFC/mL)	4,65 x 10 ⁷	6,95 x 10 ⁷
Coliformes (NMP/g)	9,20 x 10 ⁶	2,20 x 10 ⁵

Os resultados relacionados às bactérias heterotróficas demonstram maior atividade dessas bactérias no material relativo à amostra e são compatíveis aos resultados encontrados no trabalho desenvolvido por Heidemann (2007), que apresentou densidades de bactérias heterotróficas na faixa de 6×10^7 UFC/mL.

Pode-se observar uma elevada quantidade de coliformes. Sendo essas análises realizadas ao final do processo de compostagem, é possível perceber que a compostagem não foi efetiva quanto à eliminação de patógenos, pois o que se espera é que os valores de coliformes sejam nulos (FERNANDES; SILVA, 1999). Os valores excessivos de microrganismos encontrados estão diretamente relacionados com o fato da temperatura não ter superado os 45°C, não havendo, portanto, a esterilização do meio

Considerando-se a Resolução Nº 375 do CONAMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2006), os resultados podem ser comparados ao lodo classificado como classe “B”, cuja quantidade de coliformes é de até 10^6 NMP/g de ST, o que impede sua aplicação em plantios de fins alimentícios. Todavia, o material obtido estaria apto a ser aplicado como auxiliar de adubação no plantio de árvores, arbustos, gramíneas, flores e jardins em geral.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As análises realizadas demonstram que a aplicação de meios de cultivo nutritivo na técnica de compostagem acaba por não agregar ou estimular a disponibilização de nutrientes no composto. Todavia, a técnica ainda é uma alternativa à destinação do resíduo, uma vez que a utilização do mesmo na compostagem permite a sua integração a um fertilizante orgânico, e impede que o material seja destinado a aterros onde irá ocupar volume e contribuir para a geração de chorume.

O não desenvolvimento da maturação ficou evidenciado através das temperaturas insuficientemente altas encontradas para ambas as bateladas. Essa baixa geração de calor, por sua vez, impediu a esterilização do material, sendo verificados altos valores de patógenos no mesmo, impedindo sua aplicação em hortas e demais sistemas de plantio para fins de alimentação.

Deve-se ter atenção especial também à escolha e monitoramento do sistema de aeração que pode facilmente comprometer a compostagem se incorretamente realizado. Indica-se a utilização de um sistema com injeção de ar através de um compressor, com entradas devidamente vedadas, a fim de impedir vazamentos, e de forma a garantir a circulação de ar em todo material.

Em segundo plano, o acompanhamento minucioso dos demais parâmetros, como umidade e pH, poderia ter contribuído para o melhor controle do processo, uma vez que indiretamente demonstraria o desenvolvimento e eficiência da compostagem. Uma ação de correção que poderia ser aplicada quanto à umidade seria a aplicação de uma maior porção de material seco a ser compostado.

Indubitavelmente, a apuração dos resultados das análises previamente realizadas, principalmente quanto a relação C/N, teria sido fundamental para se analisar o andamento da compostagem. Observados os valores desconexos, teria sido possível o estudo e a determinação de uma metodologia ou materiais alternativos, podendo-se solucionar os equívocos em tempo hábil até mesmo a uma repetição ou nova batelada do processo.

Recomendam-se, além das análises microbiológicas realizadas, as análises de ácidos fúlvicos e húmicos no composto, a fim de verificar a sua eficiência enquanto húmus. Outra técnica indicada é a respirometria, aplicada a fim de se analisar as trocas gasosas decorrentes da atividade microbiana, além de se estimar a capacidade biodegradativa do material.

Mesmo não maturado, o material obtido na segunda batelada foi verificado como fértil e com valores de pH compatíveis a de adubos convencionais, podendo ser utilizado em calagem de solos e ainda ser aplicado em jardins e similares.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007: **Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004

ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. **Determinação e uso do fósforo remanescente**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.25.2000 (Boletim Informativo).

ANDREOLI, Cleverson V. (Coordenador). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: Rima, ABES, 2001.

ARCHANJO, Cristiane do Rocio; SILVA, Luiza Hara da. **Acompanhamento de um processo de compostagem acelerada: tecnologia Kneer**. 2005.

BARRISGTON, S.; CHOINIÈRE, D.; TRINGUI, M., KNIGHT, W. **Compost Convective Airflow Under Passive Aeration**, Biosource Technology 86, 2003.

BASSET, J.; DENNEY, R. C.; JEFFERY, G. H.; MENDHAM, J. **Vogel: Análise Inorgânica Quantitativa**. Rio de Janeiro – RJ, 1978. Quarta Edição, Editora Guanabara S.A.

BATTISTI, D. P.; BATTISTI, J. F. **Avaliação da eficiência do uso do esterco bovino e do EM-4 na compostagem de resíduos de poda de árvores do município de Medianeira – PR**. 2011.

BIDONE, F. R. A.; SELBAH, P. A.; REIS, M. F. **Compostagem – Aspectos Teóricos e Operacionais**. Curso ABES, Porto Alegre, Julho, 2003.

BRAGATO, M. **Tratamento in-situ de solo contaminado por derivado de petróleo e metais**. São Paulo – SP, 2006

BRUNI, Vinício Costa. **Avaliação do processo operacional de compostagem aerada de lodo de esgoto e poda vegetal em reatores fechados**. 2005.

CÂMARA MUNICIPAL DE PORTALEGRE. **Compostagem Doméstica – Guia Prático**. Portalegre, 2005

CÂMARA MUNICIPAL DO SEIXAL. **Projecto de Compostagem no Seixal – O seu Guia de Compostagem**. Seixal, 2003.

CANTARELLA, H.; DECHEN, A.R.; RAIJ, B. van. **Influência da origem do cloreto de potássio utilizado em extrações de amostras de solos nos resultados de alumínio trocável**. *Bragantia*, Campinas, v. 40, p. 189-192, 1981

CARVALHO, M. **Compostagem Doméstica – uma solução para todos os gostos**.

CEMPRE - Compromisso Empresarial Para Reciclagem, **Compostagem: A outra metade da reciclagem**, São Paulo, 2ª Edição, 2001.

EATON, A.D, CLESCERI, L.S., GREENBERG, A.E, RICE, E. W.(Eds). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 21st ed., APHA, Washington DC, 2005

EMBRAPA.Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análises do Solo**. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, 1997.

EMPRAPA. Circular Técnico, **Compostagem de Resíduos para Produção de Adubo Orgânico na Pequena Propriedade**. Aracaju – SE. 2009

EMBRAPA. Circular Técnico, **Compostagem de restos de alimentos com aparas de grama e esterco de animais: monitoramento do processo**. Rio de Janeiro – RJ. 2010

EMBRAPA. **Manual de Vermicompostagem**. Porto Velho – RO. 1996

EMBRAPA, **Microbiologia Ambiental**. 2 ed. rev. e atual. Jaguariúna, SP: 2008
GALRÃO, E. Z; SOUZA, D. MG.; LOBATO, E.(Ed). **Micronutrientes**. Brasília: Embrapa, 2004.

GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de Biodigestor em Pequenas e Médias Propriedades Rurais com Ênfase na Agregação de Valor: Um Estudo de Caso na Região de Toledo-PR**, 2003. 106f.Faculdade de Engenharia de produção e sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2003

HEIDEMANN. Bárbara R. **Compostagem acelerada: análise microbiológica do composto**. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* n. 8 p. 42 a 46. 2007

HINDRICH, R.A.; KLEINBAH,M. **Energy and Enviroment**, 3ª ed. Nova York.Thomson, 2004.

INCKEL,M.; SMET, P; TERSMETTE, T.; VELDKAMP, T. **Preparação e utilização de composto**, Coventry, UK,1999, Fundação Agromisa.

JUCINTO, Eliane Aparecida, PAULA, Heber Martins de. **Comportamento do pH e da Temperatura do material durante a compostagem de carcaça de frango com diferentes materiais**. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudo Ambientais. I Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Catalão – GO. 2010

KIEHL, E. J., **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres Ltda. 1985. 492 p.

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

KIEHL, E.J. **Metodologia da compostagem e ação fertilizante do composto de resíduos domiciliares**, ESALQ-USP,Piracicaba,1979

LEE, C. C. **Environmental engineering dictionary**, 4ªed. Rowman & Littlefield, 2005

LIMA, Luiz Mário Quiroz, **Lixo: tratamento e biorremediação**, 3ªed, Hemus, 2004

MACFADDIN J. F., **Biochemical Tests for Identification of Medical Bacteria**, 3rd ed., Philadelphia: Lippincott. Williams and Wilkins, 2000

MARIANO, A.P. **Avaliação do Potencial e Biorremediação de Solos e de Águas Subterrâneas Contaminados com Óleo Diesel**. Rio Claro –SP, 2006

MERK, **Manual de Meios de Cultivo**,1980.

NUNES, M. U.C. **Compostagem para Produção de Adubo Orgânico na Pequena Propriedade**. Embrapa Tabuleiros, Costeiros, 2009

OLIVEIRA, Emídio Cantídio Almeida de; SARTORI, Raul Henrique; GARCEZ, Tiago B. **Compostagem**. Esalq – USP. Piracicaba. 2008

PAIVA, Carlo Rosa; MATOS, Antonio Teixeira; COSTA, Tatiana Dias Ribeiro;

PRIMAVESI, Ana. **Manejo ecológico de pragas e doenças: técnicas alternativas para a produção agropecuária e defesa do meio ambiente**. São Paulo: Nobel, 1988.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. IAPAR: Londrina, 1992. (IAPAR. Circular, 76).

PELCZAR, Jr., M. J. ; CHAN, E.C.S.; KRIEG, N.R. **Microbiologia: Conceitos e Aplicações**. 2ª edição; São Paulo-SP: Makron Books, 1997. v.2.

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

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem**. Belo Horizonte, 1996 de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999.

PEREIRA NETO, J. T. **Compostagem: fundamentos e métodos**. 1º Simpósio sobre compostagem: Ciência e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista, 18 a 19 de Agosto de 2004 – FCA _ GEMFER.

PETRE, M. **Environmental Biotechnology - New Approaches and Prospective Applications**. Intech, 2013

PROSAB. **Manual Prático para Compostagem de Biossólidos**. Rio de Janeiro, ABES – Associação Brasileira. 1999

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van. **Comparação de métodos rápidos para a determinação da matéria orgânica em solos**.

QUEIROZ, Fausto Fonseca. **Avaliação do aproveitamento de resíduos vegetais por meio da compostagem em leiras revolvidas**. Tese de Mestrado. Londrina. 2007

RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. (IAC. Boletim Técnico, 100).

ROSAS, C. **Compostagem Doméstica/Oportunidade de Cidadania**. 2006

SANCHUKI, Carlos Eduardo. **Estudo da compostagem acelerada de cama de frango**. 2011.

SCHOFIELD, R.K.; TAYLOR, A.N. **The measurement of soil pH: Soil Society of America Proceedings**, Madison, v. 19, p. 164-167, 1955.

SEELEY, H.W. Jr., VAN DEMARK, P.J., Lee, J.J. **Microbes in action**. W.H. Freeman & Company, New York: chapter 8 & 9. 1991.

TAKAYAMA, L., et al. **Condicionadores de solo para serem adicionados a substratos utilizados na formação de mudas e à adubação orgânica de cultivos em geral – 3º Seminário de Agroecologia de Mato Grosso do Sul, Corumbá, 2010**

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEM, H. E VOLKWEISS, S. J. **Análise de Solo, Planta e Outros Materiais**. 2ªed. e ampliado. Porto Alegre: Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia/UFRS, 1995.

TORTORA, GERARD J, et al. **Microbiologia**, 8ªed, Porto Alegre, Artmed, 2005.
VALENTE B.S; XAVIER E. G; MORSELLI, T.B.G.A. **Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos**. Pelotas – RS. Arch. Zootec. 58 (R): 59-85. 2009

VOGEL, A. I. **Análise Química Quantitativa**. Tradução: Horácio Macedo. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara. Koogan S. A., 1992.

WANGEN, D. B., et al. **Compostagem doméstica: alternativa de aproveitamento de resíduos**. Revista Brasileira de Agroecologia, Rev. Bras. de Agroecologia. 5(2): 81-88, 2010.

WHITMAN K. A.: MACNAIR, N. G. **Finfish and shellfish bacteriology manual: techniques and procedures**. Ames, Iowa: Iowa State. Press, 2004.

APHA (1992) disponível em:
<<http://himedialabs.com/TD/M1453.pdf>> Acesso em 04 de Março de 2013.

CONAMA 375 disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em 04 de maio de 2013

EPA (1991) disponível em:

<<http://www.epa.gov/ttnatw01/burn/yardburn.pdf>> Acesso em 05 de maio de 2013

EUROWASTE disponível em:

< <http://www.eurowaste.20m.com/catalog.html>> Acesso em 04 de maio de 2013

FERREIRA et al. (2011), disponível em:

<<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/3628>> Acesso em 03 de maio de 2013.

FUNASA (2013) disponível em:

<http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/cart_compost_familiar.pdf> Acesso em 06 de maio de 2013

INHUMAS - GO, (2012) disponível em:

<http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_prd_industr/tec_acucar_alcool/161012_microb_aplic.pdf> Acesso em 05 de maio de 2013.

Ministério do Desenvolvimento Agrário (2005), disponível em:

<http://www.centroecologico.org.br/Agricultura_Ecologica/Carilha_Agricultura_Ecologica.pdf> Acesso em 03 de maio de 2013

MOURA e SELVAM (2006) disponível em:

<http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC000000022006000100069&script=sci_arttext > Acesso em 04 de maio de 2013

SANTOS (2009) disponível em:

<http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=189992 >Acesso em 03 de maio de 2013

Scharlab (2013) disponível em:

<<http://www.novachim.ro/altele/Culturemed06.pdf> > Acesso em 04 de maio de 2013

SOUZA et al. 2010 disponível em:

< <http://www.ufpel.edu.br/faem/agrociencia/v16n1/artigo10.pdf>> acesso em 04 de maio de 2013

Tibagi Ambiental (2013) disponível em:

<<http://www.tibagiambiental.com.br/>> Acesso em 14 de março de 2013

US COMPOSTING COUNCIL (2010) disponível em:
<<http://compostingcouncil.org/>> Acesso em 04 de maio de 2013

US COMPOSTING COUNCIL (2008) disponível em:
<<http://www.resol.com.br/textos/Compostagem.htm>> Acesso em 05 de maio de 2013

VALENTE et al.(2009) disponível em:
<[http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/07_18_48_1395REVISIO
NFatoresValente1.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/07_18_48_1395REVISIO%20NFatoresValente1.pdf)> Acesso em 20 de janeiro de 2013

Value (2013) disponível em:
< <http://amrita.vlab.co.in/?sub=3&brch=73&sim=720&cnt=1>> Acesso em 04 de maio de
2013

VOSS; THOMAS (1998) disponível em:
[http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/45107/1/REDUCAO-DA-
ABSORCAO-DE-COBRE-E-MANGANES.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/45107/1/REDUCAO-DA-ABSORCAO-DE-COBRE-E-MANGANES.pdf) > Acesso em 05 de maio de 2013

Water Environment Federation (1994) disponível em:
<[http://www.wefnet.org/ewef/toc/Solids%20Process%20Design%20and%20Management
%20frontmatter.pdf](http://www.wefnet.org/ewef/toc/Solids%20Process%20Design%20and%20Management%20frontmatter.pdf)> Acesso em 06 de maio de 2013

APÊNDICES

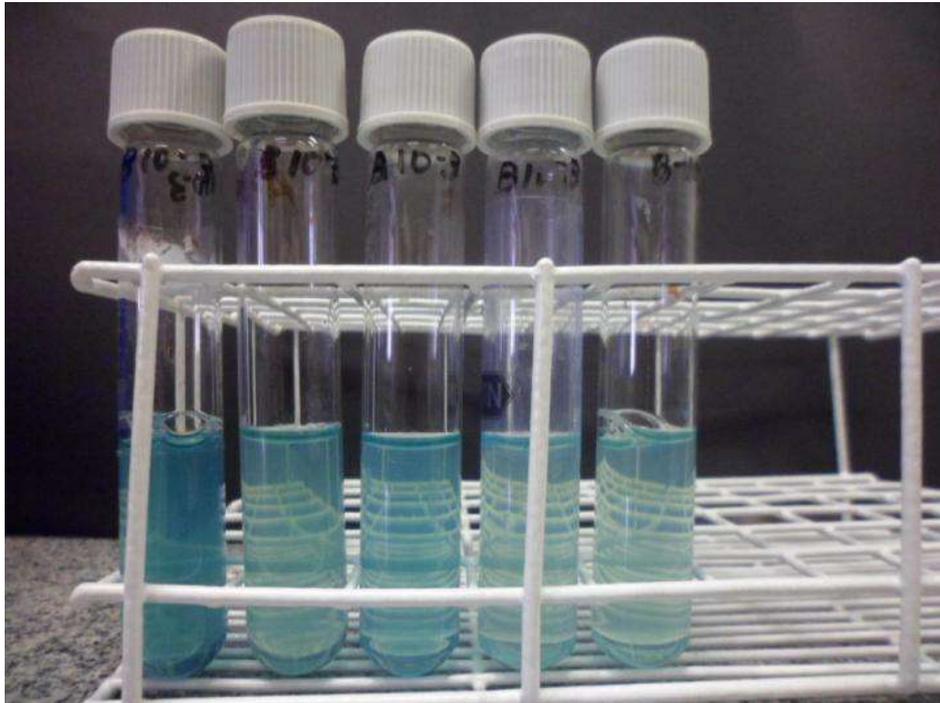
APÊNDICE A – Mistura de material úmido e solo, amostra – estudo principal



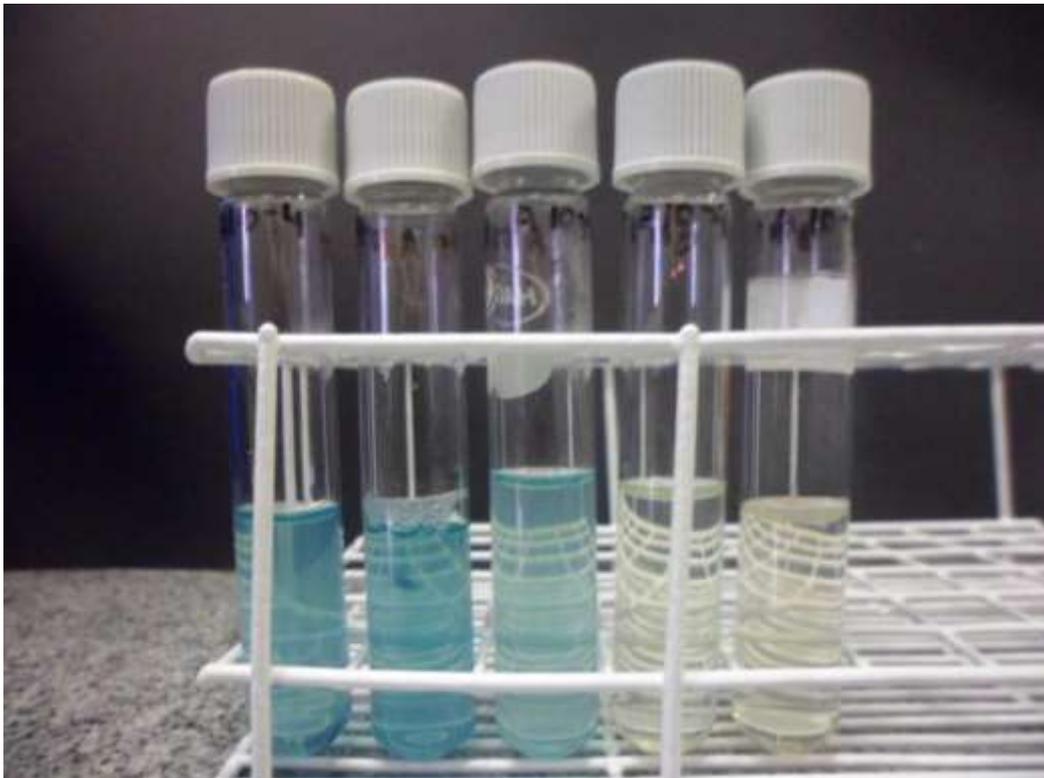
APÊNDICE B – Mistura material seco e material úmido - amostra estudo principal



APÊNDICE C – Sequência de cinco tubos positivos para presença de coliformes em RHB



APÊNDICE D – Sequência de três tubos positivos e dois tubos negativos para presença de coliformes em RHB



APÊNDICE E – Teste comprobatório para presença de *E. coli* utilizando-se reativo Kovacs – quatro tubos positivos e um negativo

