

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CARLOS EDUARDO SANGHUKI

ESTUDO DA COMPOSTAGEM ACELERADA DE CAMA DE FRANGO

Curitiba

2011

CARLOS EDUARDO SANCHUKI

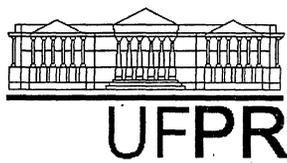
ESTUDO DA COMPOSTAGEM ACELERADA DE CAMA DE FRANGO

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Processos Biotecnológicos, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Processos Biotecnológicos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Adenise Lorenci Woiciechowski
Co-orientador: Prof. Dr. Julio Cesar de Carvalho

Curitiba

2011



RELATÓRIO DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Universidade Federal do Paraná
Setor de Tecnologia
Curso de Doutorado em Processos
Biotecnológicos

Aos vinte e oito dias do mês de abril de 2011, no Salão Nobre do Setor de Tecnologia, Segundo Andar do Prédio da Administração do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, Jardim das Américas, foi instalada pela Profª Drª Luciana Porto de Souza Vandenberghe, Coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Processos Biotecnológicos, a banca examinadora para a Quinquagésima Primeira Defesa de Dissertação de Mestrado, área de concentração: Agroindústria. Estiveram presentes no Ato, além da Coordenadora do Curso de Pós-Graduação, professores, alunos e visitantes.

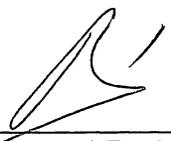
A Banca Examinadora, atendendo determinação do Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Processos Biotecnológicos, ficou constituída pelos membros Profª. Drª. Marlene Soares (UTFPR), Prof Dr José Angel Rodriguez-Leon (UP), Prof Dr João Ricardo Dittrich (UFPR) e Profª. Drª. Adenise Lorenci Woiciechowski (UFPR – orientadora da dissertação).

Às 9h00, a banca iniciou os trabalhos, convidando o candidato **Carlos Eduardo Sanchuki** a fazer a apresentação da Dissertação intitulada: “**Estudo da Compostagem de Cama de Frango**”. Encerrada a apresentação, iniciou-se a fase de arguição pelos membros participantes.

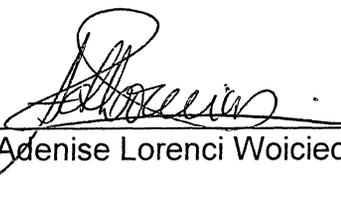
Tendo em vista a dissertação e a arguição, a banca composta pelos membros Profª Drª Marlene Soares, Prof Dr José Angel Rodriguez-Leon, Prof Dr João Ricardo Dittrich e Profª Drª Adenise Lorenci Woiciechowski declarou o candidato APROVADO (de acordo com a determinação dos Artigos 59 a 68 da Resolução 65/09 de 30.10.09).

Curitiba, 28 de Abril de 2011.


Profª Drª Marlene Soares


Prof Dr José Angel Rodriguez-Leon


Prof Dr João Ricardo Dittrich


Profª Drª Adenise Lorenci Woiciechowski

Agradecimentos

A professora Dr^a. Adenise Lorenci Woiciechowski pela orientação e amizade durante este período.

Ao professor Dr. Julio Cezar de Carvalho pela co-orientação, amizade e pelos “palpites” dados durante a realização deste trabalho.

Aos demais professores do departamento de engenharia de bioprocessos Professores (as) Dr^a. Luciana Porto de Souza Vandenberghe, Dr^a. Michele Rigon Spier, Dr^a. Adriane PB Medeiros e Dr. Carlos Ricardo Soccol.

Ao Professor Paulo Fontoura pela ajuda em algumas análises físico-químicas e pela amizade.

Ao Sr. Dinho pela liberação da coleta do material utilizado para a realização dos experimentos.

A estagiária Camila do Nascimento pela ajuda nas diversas etapas deste trabalho.

Ao Msc. André Luís Lopes da Silva pela ajuda e colaboração na avaliação dos compostos obtidos na etapa de aclimatização.

Aos colegas de laboratório LPBI e LPB II, em especial Alfredo, Carolina, Denise, Felipe, Sidnei e Siliane, por toda a ajuda e amizade durante este percurso.

A todos que de alguma forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

A minha família pela paciência e colaboração.

A CAPES e Fundação Araucária pelo apoio financeiro.

RESUMO

Dentre os resíduos agroindustriais, a cama de frango utilizada na cobertura do piso de granjas, possui grande destaque devido à quantidade produzida anualmente. Este resíduo possui grande potencial para a adubação de plantações, porém são necessárias técnicas para melhorar a qualidade do material. A transformação do resíduo em composto pode ser alcançada através da compostagem acelerada gerando ao final do processo um composto orgânico de alta qualidade. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a compostagem acelerada da cama de frango e a aplicação do composto obtido na aclimatização de plântulas de *Nidularium innocentii*. Para tanto, foram estabelecidas as melhores condições de operação para o sistema de compostagem, além da aplicação de diferentes microrganismos isolados com a finalidade de aumentar a velocidade de degradação do material. Foram realizados sete tratamentos de compostagem com diferentes “pools” de microrganismos. Na aclimatização de plântulas *in vitro* foram avaliados os tratamentos (1) Plantmax HT™ (100%); (2) Cama de Frango (100%); (3) Plantmax HT™: Cama de Frango (1:1 v/v); (4) Composto 1 (100%); (5) Plantmax HT™: Composto 1 (1:1 v/v); (6) Composto 5 (100%) e (7) Plantmax HT™: Composto 5 (1:1 v/v). Durante a compostagem foram obtidas temperaturas de aproximadamente 50 °C na fase termófila com estabilização, próximo, aos 13 dias de compostagem. Ao final da compostagem foi observado um incremento nos valores de CTC, ácidos húmicos e na relação C/N com valores mínimos e máximos de 561,19 - 807,34 mmol.kg⁻¹, 4,7 - 6,4% e 10,4 - 10,7 respectivamente. Na etapa de aclimatização, os tratamentos 2, 3, 4 e 5 proporcionaram bons resultados com índices de sobrevivência (S=100%) semelhantes ao substrato comercial Plantmax HT™. Porém, em relação as medições de massa fresca, massa seca e altura da parte aérea os melhores resultados foram para os tratamentos 1, 3, 5 e 7. Através dos resultados obtidos foi possível concluir que o processo de compostagem acelerada e a aplicação do composto orgânico como substrato para aclimatização de plântulas de *N. innocentii* foram eficientes.

Palavras chave: Resíduos sólidos orgânicos, compostagem acelerada, cama de frango.

ABSTRACT

Among the agro-industrial residues, poultry litter used in the floor covering in poultry farms, has a great prominence due to the amount produced annually. This residue has great potential for fertilizing crops, but techniques are needed to improve the quality of the material. These characteristics can be achieved through accelerated composting process leading to the end of an organic compost of high quality. Thus, the objective of this work was to evaluate the accelerated composting of poultry litter and the application of the compost obtained in the acclimatization of *Nidularium innocentii*. Thus, we set the best operating conditions for the composting system, besides the application of different microorganisms isolated in order to increase the speed of degradation. Experiments of accelerated composting were carried with seven different pools of microorganisms. In the process of acclimatization of the *N. innocentii* was used the treatments: (1) Plantmax HTTM (100%); (2) Poultry Litter (100%); (3) Plantmax HTTM: Poultry Litter (1:1 v / v); (4) Compound1 (100%); (5) Plantmax HTTM: Compound 1 (1:1 v / v); (6) Compound 5 (100%) and (7)Plantmax HTTM: Compound 5 (1:1 v / v). During the composting was obtained temperatures around 50 °C in the thermophilic phase with stabilization at 13 days of composting. At the end of composting was observed an increase in CEC values, humic acids and the C/N with minimum and maximum values from 561.19 to 807.34 mmol.kg⁻¹, 4.7 to 6.4% and 10.4 to 10.7 respectively. In the acclimatization stage, treatments 2, 3, 4 and 5 produced good results with survival rates (S = 100%) similar to the commercial substrate Plantmax HTTM. However, regarding the measurements of weight, dry weight and shoot height were the best results for treatments 1, 3, 5 and 7. Through the results, it is possible conclude that the accelerated composting process of poultry litter and the application of this compost as a substrate for acclimatization of *N. innocentii* were effective.

Keywords: Organic solid residues accelerated composting, poultry litter.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CAMA DE FRANGO UTILIZANDO SERRAGEM COMO MATRIZ SÓLIDA.	4
FIGURA 2 – PROCESSO DE COMPOSTAGEM EM FORMA RESUMIDA.....	5
FONTE: PROSAB, 1999.....	5
FIGURA 3 - DIFERENTES SISTEMAS DE COMPOSTAGEM. A – SISTEMA DE LEIRAS REVOLVIDAS, B- SISTEMA DE PILHAS ESTÁTICAS E C – SISTEMA DE COMPOSTAGEM EM REATORES.....	7
FIGURA 4 - COMPOSTO ORGÂNICO PRONTO PARA USO.....	8
FONTE: FINCASHEL FARM AND GARDEN.....	8
FIGURA 5 – VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DURANTE O PROCESSO DE COMPOSTAGEM. COMPOSTAGEM DE DEJETOS DE CAPRINOS EM DIFERENTES ESTAÇÕES CLIMÁTICAS DURANTE O ANO; VERDE -VERÃO, AZUL – OUTONO, ROXO – INVERNO E VERMELHO – PRIMAVERA.....	14
FONTE: MODIFICADO DE (AMORIM <i>ET AL</i> , 2005).....	14
FIGURA 6 - ESTRUTURA QUÍMICA PROPOSTA POR SCHULTEN E SCHNITZER EM 1997 PARA OS ÁCIDOS HÚMICOS.....	18
FIGURA 7 - GALPÃO DE CRIAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE SIMILAR AO DA..	23
COLETA DAS AMOSTRAS.	23
FIGURA 8 – DISPOSIÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM NO INTERIOR DO GALPÃO DE CRIAÇÃO DE AVES.	24
FIGURA 9 – ESQUEMA DA MONTAGEM DOS BIORREATORES.....	28
FIGURA 10 - REATORES UTILIZADOS DURANTE OS EXPERIMENTOS.....	29
FIGURA 11 – DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DO SISTEMA DE COMPOSTAGEM. ...	32
FIGURA 12 – RELAÇÃO UMIDADE (%) E AW CONFORME A ADIÇÃO DE ÁGUA A CAMA DE FRANGO. ENSAIO REALIZADO EM TRIPLICATA PARA CADA CONDIÇÃO UTILIZANDO CAMA DE FRANGO SEM PRÉVIO TRATAMENTO E ÁGUA DESTILADA.....	46
FIGURA 13 – PERFIL DE TEMPERATURA COM DIFERENTES VAZÕES DE AR EMPREGADAS NO SISTEMA DE COMPOSTAGEM PROPOSTO.....	47
FIGURA 14 – PERFIL DE TEMPERATURA PARA OS DIFERENTES ENSAIOS DE	

COMPOSTAGEM.....	49
FIGURA 15 – VARIAÇÃO DA UMIDADE (%) DURANTE OS DIFERENTES ENSAIOS DE COMPOSTAGEM.	50
FIGURA 16 – VALORES DE ATIVIDADE DE ÁGUA (AW) EM FUNÇÃO DO TEMPO PARA OS DIFERENTES ENSAIOS DE COMPOSTAGEM.....	51
FIGURA 17 – VARIAÇÃO DOS VALORES DE PH EM ÁGUA DURANTE O PROCESSO DE COMPOSTAGEM.....	53
FIGURA 18 – PERFIL DA CONCENTRAÇÃO DE AÇUCARES REDUTORES TOTAIS NO MATERIAL PARA OS DIFERENTES ENSAIOS. CONCENTRAÇÃO DE AÇUCARES DADA EM G DE AÇÚCAR TOTAL POR G DE MATÉRIA EM BASE SECA.....	54
FIGURA 19 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS EM RELAÇÃO AO TEMPO PARA OS DIFERENTES ENSAIOS DE COMPOSTAGEM REALIZADOS. VALORES EM PORCENTAGEM (%) EM RELAÇÃO À MASSA SECA DE MATERIAL AMOSTRADO.	55
FIGURA 20 – VARIAÇÃO DO TEOR DE SÓLIDOS VOLÁTEIS AO LONGO DO TEMPO DE COMPOSTAGEM.....	57
FIGURA 21 – VARIAÇÃO DO TEOR DE CARBONO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE COMPOSTAGEM PARA OS DIFERENTES ENSAIOS REALIZADOS. VALORES DADOS EM PORCENTAGEM DE CARBONO POR MASSA SECA DE AMOSTRA.....	58
FIGURA 22 – VARIAÇÃO DO TEOR DE CARBONO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE COMPOSTAGEM PARA OS DIFERENTES ENSAIOS REALIZADOS. VALORES DADOS EM PORCENTAGEM DE CARBONO POR MASSA SECA DE AMOSTRA.....	59
FIGURA 23 – VARIAÇÃO DA RELAÇÃO C/N COM O PASSAR DO TEMPO DE COMPOSTAGEM PARA OS DIFERENTES ENSAIOS DE COMPOSTAGEM.....	60
FIGURA 24 – VARIAÇÃO DOS VALORES DA CTC AO LONGO DO TEMPO PARA OS DIFERENTES ENSAIOS DE COMPOSTAGEM. VALORES DADOS EM MMOL DE CÁTIONS POR KG DE COMPOSTO EM BASE SECA.	62
FIGURA 25 – VARIAÇÃO DOS TEORES DE FÓSFORO NA FORMA $H_2PO_4^-$ DURANTE O PERÍODO DE COMPOSTAGEM PARA OS	

	DIFERENTES ENSAIOS REALIZADOS. VALORES DADOS EM MG DE FÓSFORO POR G DE COMPOSTO EM BASE SECA.....	64
FIGURA 26 –	VARIAÇÃO DOS TEORES DE K ⁺ PARA OS DIFERENTES ENSAIOS DE COMPOSTAGEM AO LONGO DO TEMPO. VALORES DADOS EM MG DE K ⁺ POR G DE COMPOSTO EM BASE SECA.....	65
FIGURA 27 –	PLÂNTULAS DE <i>NIDULARIUM INNOCENTII</i> APÓS ACLIMATIZAÇÃO NOS SUBSTRATOS PLANTMAX HT™ 100% (A), PLANTMAX HT™:COMPOSTO 1 (1:1 V/V) (B) E PLANTMAX HT™:COMPOSTO 5 (1:1 V/V) (C). OS SUBSTRATOS FORAM COMPOSTOS PELA MISTURA ENTRE O SUBSTRATO COMERCIAL PLANTMAX HT™, CAMA DE FRANGO “IN NATURA” E COMPOSTOS ORGÂNICOS 1 E 5 OBTIDOS DURANTE A COMPOSTAGEM DA CAMA DE FRANGO REALIZADO NESTE TRABALHO.	66
FIGURA 28 –	PLÂNTULAS DE <i>NIDULARIUM INNOCENTII</i> APÓS ACLIMATIZAÇÃO NOS SUBSTRATOS COMPOSTO 1-100% (A) E COMPOSTO 5 – 100% (B) APÓS 54 DIAS DE ACLIMATIZAÇÃO.....	67
FIGURA 29 –	PLÂNTULAS DE <i>NIDULARIUM INNOCENTII</i> APÓS ACLIMATIZAÇÃO NOS SUBSTRATOS PLANTMAX HT™:CAMA DE FRANGO “IN NATURA” (1:1 V/V) (A) E CAMA DE FRANGO “IN NATURA” - 100% (B) APÓS 54 DIAS DE ACLIMATIZAÇÃO.....	67

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ESPECIFICAÇÕES DE COMPOSTOS CLASSES A, B, C E D.	10
TABELA 2 – VALORES COMERCIAIS DE COMPOSTOS ORGÂNICOS EM DIFERENTES LOCALIDADES BRASILEIRAS E MÉDIA EUROPÉIA.	21
TABELA 3 – MONTAGEM DOS EXPERIMENTOS DE COMPOSTAGEM.....	31
TABELA 4 – TRATAMENTOS ESCOLHIDOS PARA A ACLIMATIZAÇÃO DAS MUDAS DE BROMÉLIA <i>NIDULARIUM INNOCENTII</i>	39
TABELA 5 – NÚMERO DE MICRORGANISMOS ISOLADOS DA CAMA DE FRANGO	40
TABELA 6 - MICRORGANISMOS ISOLADOS PARA A ACELERAÇÃO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM.....	41
TABELA 7 – AVALIAÇÃO DOS MICRORGANISMOS ISOLADOS QUANTO AO CRESCIMENTO NA CAMA DE FRANGO EM ESTADO BRUTO	43
TABELA 8 – AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO MICROBIANO EM DIFERENTES FAIXAS DE TEMPERATURA POR UM PERÍODO DE 20 HORAS PARA AS CULTURAS BACTERIANAS E 3 DIAS PARA AS CULTURAS FÚNGICAS.....	44
TABELA 9 – VALORES DO CRESCIMENTO MICROBIANO NA TEMPERATURA DE 28-30 °C APÓS EXPOSIÇÃO DAS CULTURAS A TEMPERATURA DE 60 °C.....	45

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E UNIDADES

a_w – Atividade de água

B% - Percentagem de brotos laterais

C - Carbono

°C – Graus Celsius

COT – Carbono orgânico total

CO₂ – Dióxido de carbono

C/N – Relação entre a quantidade de carbono e nitrogênio presente no material

CTC – Capacidade de troca catiônica

CTC/C – Relação entre a capacidade de troca catiônica e quantidade de carbono no material

HCl – ácido clorídrico

kg – quilogramas

M – Molar (mol/l)

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento

MFR - Massa fresca das raízes

MFT - Massa fresca total

min – Minutos

mg – Miligramas

ml – Mililitro

MPA - Massa fresca da parte aérea

MPC - Microrganismos Projeto Compostagem

mmol_c.kg⁻¹ – Milimol de cátions por quilograma

MS – Massa seca

MSPA - Massa seca da parte aérea

MSR - Massa seca das raízes

MST - Massa seca total

MST – Massa seca total

N – Nitrogênio

NB - Número médio de brotos laterais

NF – Número de folhas

PA – Tamanho da parte aérea (cm)

PA/R - Relação massa seca da parte aérea pela massa seca das raízes

pH – Potencial hidrogenionico

RPM – Rotações por minuto

S% - Percentagem de sobrevivência

ST = Teor de sólidos totais em porcentagem;

SV = Teor de sólidos voláteis em porcentagem;

λ – Comprimento de onda em ηm

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	3
2.2 CAMA DE FRANGO	4
2.3 O PROCESSO DE COMPOSTAGEM.....	5
2.4 A COMPOSTAGEM ACELERADA	7
2.5 O COMPOSTO	8
2.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DURANTE A COMPOSTAGEM E NO COMPOSTO FINAL.	11
2.6.1 Relação Carbono/Nitrogênio (C/N)	11
2.6.2 Umidade	12
2.6.3 pH.....	12
2.6.4 Aeração	13
2.6.5 Temperatura	14
2.6.6 Microrganismos.....	15
2.6.7 Capacidade de troca catiônica (CTC)	16
2.6.8 O Ácido Húmico nas Substâncias Húmicas	17
2.7 EFEITO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM CULTURAS VEGETAIS.....	19
2.8 O MERCADO DOS FERTILIZANTES ORGÂNICOS.....	20
3. OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4. METODOLOGIA	23
4.1 COLETA DA CAMA DE FRANGO	23
4.2 AVALIAÇÃO DA DIVERSIDADE MICROBIOLÓGICA DA CAMA DE FRANGO ..	24
4.3 ISOLAMENTO E AVALIAÇÃO DOS MICRORGANISMOS UTILIZADOS COMO INOCULO.....	25
4.3.1 Isolamento dos microrganismos para utilização no processo de compostagem	25
4.3.2 Avaliação dos isolados quanto ao crescimento na cama de frango	26
4.3.3 Avaliação dos microrganismos isolados quanto à resistência térmica e	

crescimento na faixa termófila de temperatura.....	27
4.4 MONTAGEM DOS BIORREATORES PARA AVALIAÇÃO DA COMPOSTAGEM	27
4.5 CORRELAÇÃO DA ADIÇÃO DE ÁGUA NO SUBSTRATO E SEUS VALORES DE UMIDADE E ATIVIDADE DE ÁGUA.....	29
4.6 AVALIAÇÃO DA VAZÃO DE AR NECESSÁRIA DURANTE O PROCESSO DE COMPOSTAGEM	30
4.7 COMPOSTAGEM DA CAMA DE FRANGO	30
4.7.1 Produção do Inóculo	30
4.7.2 Montagem dos experimentos.....	31
4.7.3 Acompanhamento da compostagem.....	32
4.8 AVALIAÇÃO DO COMPOSTO ORGÂNICO NA ACLIMATIZAÇÃO DE BROMÉLIAS DA ESPÉCIE <i>NIDULARIUM INNOCENTII</i> LEM.	38
4.8.1 Estabelecimento e multiplicação <i>in vitro</i>	38
4.8.2 Aclimatização em diferentes substratos.....	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1 AVALIAÇÃO DA DIVERSIDADE MICROBIOLÓGICA DA CAMA DE FRANGO .	40
5.2 ISOLAMENTO DOS MICRORGANISMOS PARA UTILIZAÇÃO NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM	41
5.3 AVALIAÇÃO DOS MICRORGANISMOS ISOLADOS QUANTO AO CRESCIMENTO NA CAMA DE FRANGO E RESISTÊNCIA TÉRMICA.....	42
5.4 CORRELAÇÃO DA ADIÇÃO DE ÁGUA NO SUBSTRATO E OS VALORES DE UMIDADE E ATIVIDADE DE ÁGUA (A_w).....	46
5.5 AVALIAÇÃO DA VAZÃO DE AR NECESSÁRIA DURANTE O PROCESSO DE COMPOSTAGEM	47
5.6 ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM.....	48
5.6.1 Avaliação da temperatura em função do tempo de compostagem	48
5.6.2 Avaliação da umidade e A_w	50
5.6.3 Avaliação da variação do pH em função do tempo de compostagem.....	52
5.6.4 Determinação da concentração de açúcares redutores totais presentes no material durante a compostagem.....	54
5.6.5 Determinação do teor de ácidos húmicos produzidos durante a compostagem	55
5.6.6 Avaliação dos sólidos voláteis durante a compostagem.....	56

5.6.7 Relação Carbono/Nitrogênio (C/N) ao longo do tempo.....	58
5.6.8 Avaliação da capacidade de troca catiônica (CTC) ao longo do tempo.....	61
5.6.9 AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO E K ⁺ SOLÚVEIS DURANTE A COMPOSTAGEM.....	63
5.7 AVALIAÇÃO DO COMPOSTO ORGÂNICO NA ACLIMATIZAÇÃO DE BROMÉLIAS DA ESPÉCIE <i>NIDULARIUM INNOCENTII</i> LEM.....	65
6. CONCLUSÕES.....	73
7. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES.....	74
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

1.INTRODUÇÃO

Os resíduos agroindustriais apresentam com frequência maior volume do que os próprios produtos, diferentemente dos restos de culturas que podem ser deixados no campo reduzindo a perda de nutrientes do solo. Entre estes resíduos a cama de frango é de grande destaque sendo composta por fezes, penas, resto de ração e uma matriz de suporte que pode variar dependendo da região do País.

A cama de frango foi amplamente utilizada na adubação de pastagem e alimentação animal, porém foi proibida por apresentar problemas, como a encefalopatia espongiiforme bovina (BRASIL, 2001). Desta forma, um dos destinos comuns desse resíduo é a incineração com co-geração de energia, que representa economia para a agroindústria, porém geram material particulado, gases poluentes e necessita de investimentos para a instalação de geradores.

Alternativas desejáveis para a disposição da cama de frango são a sua valorização através de bioprocessos, como a fermentação em estado sólido dos resíduos lignocelulósicos (cascas e bagaços vegetais), gerando biomoléculas de alto valor agregado; a biodigestão de resíduos excessivamente úmidos e pouco estruturados, gerando biogás; e a compostagem, gerando um adubo orgânico denominado de composto ou fertilizante orgânico.

O composto pode ser definido como a matéria orgânica estabilizada e livre de patógenos, oriunda de um processo controlado de decomposição microbiana através da oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido (KIEHL, 1998). A compostagem pode ser dividida em duas fases, sendo que na primeira ocorrem as reações de oxidação mais intensas e predominantemente termófilas; nesta fase ocorre também a eliminação de organismos indesejáveis e patogênicos como bactérias, ervas daninhas e parasitas. Na segunda fase ocorre a maturação através da humificação e produção do composto propriamente dito (PEREIRA NETO *et al.*, 1986). Atualmente procura-se diminuir o tempo necessário para estas duas fases e assim obter um composto em um tempo mais curto. Para tanto, algumas empresas vêm desenvolvendo equipamentos e processos que permitam a redução deste tempo por meio da compostagem acelerada.

A compostagem acelerada é um processo onde se utiliza, normalmente,

biorreatores e um “pool” de microrganismos capazes de degradar o material, a ser compostado, em prazo de tempo reduzido em relação aos microrganismos autóctones do material. Sendo assim é possível controlar o processo e proporcionar as condições ótimas para a obtenção de um composto com qualidade. Algumas empresas já se utilizam desse processo para o tratamento de resíduos sólidos, como é o caso da empresa Tibagi Sistemas Ambientais, localizada na cidade de São José dos Pinhais/PR.

O composto é um material rico em sais minerais e húmus, que pode ser utilizado como condicionador de solos melhorando suas propriedades físicas, químicas e biológicas (KIEHL, 1998). Contudo, é necessário que algumas condições sejam seguidas antes e durante o processo de compostagem, tais como: caracterização do material a ser compostado, ajuste da umidade, aeração e controle da temperatura. O composto, quando completamente maturado, pode ser aplicado como fertilizante em diversas culturas vegetais dependendo das suas características físico-químicas, microbiológicas e ainda da procedência do material compostado conforme exigências do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2004).

O uso do composto orgânico apresenta diversos benefícios em relação aos fertilizantes minerais, tais como melhorar a aeração do solo, incrementar os níveis de nutrientes e restabelecer a microbiota do solo (SOUZA *et al.*, 2005). Esta prática vem crescendo com o passar dos anos expandindo o mercado dos fertilizantes orgânicos, que no Brasil, encontra-se em um cenário crescente em tecnologia, uma vez que se tende à auto-suficiência de insumos agrícolas. Portanto, órgãos governamentais e empresas privadas criaram convênios com o intuito de promover novas tecnologias e produtos dentro da área dos fertilizantes orgânicos, assim incentivando o uso deste tipo de insumo agrícola por parte dos agricultores (GANDRA, 2009).

A fertilização orgânica é benéfica tanto para agricultura, através da melhoria da qualidade físico-química do solo, quanto ao meio ambiente através do tratamento de resíduos sólidos pela compostagem e conseqüente redução dos impactos causados pela inadequada disposição.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos podem ser caracterizados como materiais no estado sólido e/ou semi-sólido proveniente da atividade humana (ABNT, 1987), podendo possuir características físicas e químicas variadas conforme a procedência e estação do ano. Podem ser provenientes de estações de tratamentos de água, da varredura de ruas ou podas de árvores em regiões urbanas, resíduos sólidos industriais, restos vegetais provenientes da agricultura ou ainda sólidos gerados pela agroindústria.

O grande problema após a geração destes resíduos é a sua disposição no ambiente, uma vez que podem gerar grandes problemas quando o processo ocorre de forma indevida. Além dos problemas ambientais pode ocorrer, também, a geração de problemas sanitários como a contaminação da água potável por metais pesados ou por microrganismos, a proliferação de vetores de doenças como moscas, ratos e baratas (MATOS, 2008).

Atualmente a disposição de grande parte destes resíduos se dá em aterros sanitários, que poluem o ambiente através da produção de grandes quantidades de chorume, substância ácida de elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO), gases tóxicos como o metano e ácidos orgânicos voláteis que além da sua toxicidade, causam grandes problemas como os odores desagradáveis (MATOS, 2008).

Dentre os resíduos sólidos, os agroindustriais apresentam normalmente possuem alta carga orgânica, sendo de uma forma genérica constituídos por biomassa vegetal, carcaças, dejetos e restos de animais. Estes resíduos são normalmente produzidos próximos a centros urbanos e em quantidades muitas vezes superior ao produto desejado, representando uma grande fonte poluidora para o ambiente. Entre os problemas associados está a liberação de gases do efeito estufa, sendo que do total liberado 20% são através de atividades agropecuárias (UNFCCC, 1998).

2.2 CAMA DE FRANGO

A produção de aves de corte tem a cama de frango como um resíduo na etapa de crescimento e manutenção dos animais. Este material é utilizado para a cobertura do piso e acondicionamento dos animais para evitar que estes permaneçam diretamente sobre o piso bruto dos galpões, facilitar a limpeza e auxiliar na manutenção da temperatura. Segundo a Associação Brasileira de Exportadores e Produtores de Frango de Corte no ano de 2008 foram produzidos aproximadamente 11 milhões de toneladas de carne de frango. No primeiro trimestre de 2009 1,12 bilhões de frangos foram abatidos em todo o Brasil (AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DO ESTADO DO PARANÁ, 2009). Levando em conta a produção média de 2,19 kg de cama de frango por animal (SANTOS e LUCAS JR, 2003) apenas no primeiro trimestre do ano de 2009 foram produzidos aproximadamente 2,45 milhões de toneladas de cama de frango no Brasil.



FIGURA 1 - CAMA DE FRANGO UTILIZANDO SERRAGEM COMO MATRIZ SÓLIDA.
FONTE: PELO AUTOR

Este resíduo foi amplamente utilizado na adubação de pastagens e na alimentação animal até meados de 2001, quando foi proibida a sua utilização para fins de alimentação animal pela Instrução Normativa Nº 15 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2001). Esta proibição foi devido à contaminação dos animais que consumiam a cama de frango pela Encefalopatia

Espongiforme Bovina (Doença da Vaca Louca) causada por “príons” presentes no material. Outra alternativa para o aproveitamento deste material, é a queima e cogeração de energia em indústrias ou no local de produção do resíduo. Porém, a queima deste material produz gases poluentes como o CO₂ que são responsáveis por sérios problemas ambientais como efeito estufa; Segundo Konzen (2003) a cama de frango possui grande potencial para a adubação de plantações, desde que precedidos de ações que assegurem a proteção do meio ambiente. Uma forma de assegurar a proteção ao meio ambiente é através da compostagem, que tende melhorar a qualidade dos nutrientes disponíveis para o solo e eliminar organismos patogênicos.

2.3 O PROCESSO DE COMPOSTAGEM

Uma das formas de reaproveitamento dos resíduos sólidos como a cama de frango é através da compostagem, que é uma prática realizada desde a História antiga como forma de reaproveitamento de dejetos sólidos. Porém, somente a partir da década de 20 é que o processo passou a ser estudado cientificamente. Segundo Pereira Neto e Stentiford (1992), a compostagem é um processo de tratamento de resíduos sólidos de grande flexibilidade operacional combinando baixo custo e alta eficiência. A compostagem pode ser definida como: um processo exotérmico de oxidação e oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido. (KIEHL, 1998; PROSAB, 1999). Este processo é caracterizado pelo aumento da temperatura em uma das suas fases e pela liberação de calor, gás carbônico e vapor de água.



FIGURA 2 – PROCESSO DE COMPOSTAGEM EM FORMA RESUMIDA.
FONTE: PROSAB, 1999

A compostagem pode ser dividida em duas fases distintas, a primeira predominante termofílica e a segunda mesofílica (PEREIRA NETO E STENTIFORD, 1992; PROSAB, 1999). Durante a primeira fase ocorre a maximização da atividade microbiológica e as principais transformações da matéria orgânica; nesta fase a temperatura pode alcançar valores superiores a

60°C devido ao metabolismo dos microrganismos e às reações químicas que ocorrem. Ainda nesta fase, devido à temperatura, ocorre a inativação de microrganismos patogênicos, assim como ervas daninhas, larvas, insetos e alguns parasitas. Já na segunda fase ocorre a maturação ou cura da matéria orgânica. Nesta fase ocorrem as transformações menos intensas, em relação a primeira fase, sendo produzido o húmus e ocorrendo a mineralização de determinados componentes da matéria orgânica. Após o término da segunda fase é obtido um material inerte e rico em nutrientes denominado de composto.

A compostagem pode ser realizada por diferentes métodos, entre eles encontram-se o sistema de leiras revolvidas (*Windrow*), onde a mistura de resíduos sólidos é disposta em leiras, sendo a aeração fornecida pelo revolvimento dos resíduos e pela convecção e difusão natural do ar na massa do composto. Outro sistema é o de pilhas estáticas aeradas (*Static pile*), onde a mistura a ser compostada é colocada sobre uma tubulação perfurada que injeta ou aspira o ar na massa do composto, não havendo revolvimento mecânico das leiras. A compostagem ainda pode ser realizada através de sistemas fechados ou reatores biológicos (*In vessel*), onde os resíduos são colocados dentro de sistemas fechados, que permitem o controle de todos os parâmetros do processo de compostagem (PROSAB, 1999).



FIGURA 3 - DIFERENTES SISTEMAS DE COMPOSTAGEM. A – SISTEMA DE LEIRAS REVOLVIDAS, B- SISTEMA DE PILHAS ESTÁTICAS E C – SISTEMA DE COMPOSTAGEM EM REATORES.

FONTE: MID WEST LIVE STOCK; NOOZHAWK; O₂ COMPOST

Além dos métodos tradicionais de compostagem atualmente algumas empresas estão desenvolvendo processos de compostagem acelerada. Esta por sua vez, possui a vantagem de reduzir significativamente o tempo de compostagem em relação ao método convencional.

2.4 A COMPOSTAGEM ACELERADA

A compostagem acelerada segue os mesmos princípios da compostagem convencional, sendo uma degradação biológica da matéria orgânica realizada por amplo grupo de microrganismos. Este método de compostagem possui como característica principal o reduzido tempo para obtenção do composto, cerca de 28 dias para a obtenção do composto já maturado e estabilizado (TIBAGI, 2009), contra 180 dias na compostagem convencional.

A compostagem acelerada normalmente ocorre em reatores biológicos,

fazendo com que seja possível o monitoramento e controle de todos os parâmetros durante a compostagem, tais como umidade, temperatura e aeração (TIBAGI, 2009). Outro fator que torna este processo mais rápido é a inoculação de um “pool” de determinados microrganismos no início do processo, que podem ser específicos para a compostagem de alguns resíduos ou podem ser adicionados de forma genérica em diferentes resíduos. Uma forma de realizar o inóculo da biomassa a ser compostada é através da adição de 10 a 20 %, em volume, de um composto que esteja na fase de semicura (GOLUECK E DIAZ, 1991).

Desta forma, a compostagem acelerada torna se uma excelente alternativa para a disposição e reaproveitamento de resíduos sólidos, possuindo as mesmas características do processo normal em menor tempo.

2.5 O COMPOSTO

O composto pode ser denominado como a matéria orgânica estabilizada, de odor agradável e livre de patógenos, considerado um excelente adubo orgânico devido à presença de sais minerais e húmus (KIEHL, 1998). O adubo orgânico tende a melhorar as características físico-químicas e biológicas quando adicionado ao solo (KIEHL, 2002).



FIGURA 4 - COMPOSTO ORGÂNICO PRONTO PARA USO.
FONTE: FINCASHEL FARM AND GARDEN

O fertilizante obtido ao final da compostagem pode apresentar variações na qualidade e nas características físicas e químicas de acordo com a origem do resíduo e o processo utilizado na compostagem (SHARMA *et al.*, 1997). Para os fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo, as características químicas são as mais importantes, entre elas destacam-se o conteúdo de matéria orgânica, umidade, pH, metais, nutrientes, ácidos húmicos e fúlvicos e sais solúveis (MATOS, 2006). Em relação à segurança sanitária do composto, é necessário que a fase termófila se mantenha durante um tempo razoável para que a maioria dos microrganismos patogênicos percam a viabilidade celular (IBAM, 2009). Segundo Kiehl (2004) altas temperaturas por curtos períodos de tempo, ou baixas temperaturas por longos períodos de tempo são igualmente eficientes para eliminar grande parte dos organismos patogênicos em um composto de lixo domiciliar. Outros fatores como pH, umidade, competição entre microrganismos e fatores bióticos também são capazes de eliminar organismos patogênicos (STENTIFORD, 1992; MERCEDES E PEREIRA NETO, 1993).

Em relação à classificação, inspeção e fiscalização dos fertilizantes orgânicos o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA publicou em 14 de janeiro de 2004 o decreto nº 4.954 que regulamenta a lei no. 6.894 de 16 de dezembro de 1980, e dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção, bem como do comércio de fertilizantes orgânicos, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura (BRASIL, 2004).

De acordo com os órgãos normativos e reguladores os fertilizantes comerciais devem apresentar diversas características padrões, entre elas:

- ✓ Fertilizantes orgânicos, utilizados na adubação de leguminosas e foliáceas, não devem ser provenientes de resíduos provenientes do tratamento de esgoto;
- ✓ O fertilizante pronto para o uso deve estar completamente estável e sem a presença de organismos patogênicos;
- ✓ Resíduos hospitalares, mesmo após a compostagem, não devem ser utilizados para a fertilização em plantações de alimentos.

Além destas características fundamentais o fertilizante orgânico deve possuir garantias de qualidade em relação a algumas especificações técnicas conforme a tabela 1.

TABELA 1 – ESPECIFICAÇÕES DE COMPOSTOS CLASSES A, B, C E D.

Garantia	Classe de composto			
	A	B	C	D
Umidade máxima	50	50	50	70
N total mínimo*	0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %
Carbono orgânico mínimo*	15 %	15 %	15 %	15 %
CTC*	Apenas exigência de declaração			
pH mínimo*	6	6	6,5	6
Relação C/N máxima*	20	20	20	20
Relação CTC/C*	Apenas exigência de declaração			

*Valores com base em massa seca

FONTE: BRASIL, 2009

Ainda conforme a instrução normativa Nº 25, de 23 de julho de 2009 os fertilizantes orgânicos podem ser classificados de acordo com a procedência do material em 4 classes A, B, C e D (BRASIL, 2009).

“Art. 2º Os fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos e organominerais serão classificados de acordo com as matérias-primas utilizadas na sua produção em:

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."

2.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DURANTE A COMPOSTAGEM E NO COMPOSTO FINAL.

2.6.1 Relação Carbono/Nitrogênio (C/N)

Entre os parâmetros necessários para que ocorra a compostagem de forma correta a relação C/N é de fundamental importância, uma vez que estes dois componentes são as fontes principais de energia e para a formação de proteínas. Os microrganismos absorvem o carbono e o nitrogênio normalmente na relação de 30 para 1 (ZUCCONI E BERTOLDI, 1986; KIEHL, 2004). Desta forma, a relação ideal destes componentes no início do processo de compostagem deve estar próxima a 30 (PROSAB, 1999). Em processos de compostagem utilizando substratos com elevadas relação de C/N, por exemplo, 60 ou 80/1 o tempo necessário para se atingir a maturidade do composto será elevado. Isto por que faltará nitrogênio para a síntese de proteínas pelos microrganismos. Nesta condição o nitrogênio presente é reciclado entre as células até a degradação quase que total da matéria orgânica e o excesso de carbono é eliminado na forma de gás carbônico. Para baixas relações C/N, por exemplo 6/1, os microrganismos tendem a eliminar o excesso de nitrogênio na forma de amônia, até atingir a relação próximo a condição ideal de 30/1 (KIEHL, 1998).

Durante o processo de compostagem observa-se uma redução na relação C/N devido à oxidação da matéria orgânica pelos microrganismos e conseqüentemente à liberação de CO₂ (ZHANG E HE, 2006). Porém, em alguns casos a variação na relação C/N pode não acontecer ou não ser expressiva, estudos realizados por Chanyasak e Kubota (1981) mostraram relações C/N constantes para diferentes processos de compostagem com diferentes resíduos. A não variação nos valores da relação C/N pode ser explicada por influência de

compostos de difícil degradação como a celulose e lignina (RODRIGUES *et al.*, 2006).

2.6.2 Umidade

A água é de fundamental importância para atividade metabólica dos microrganismos e está diretamente ligada às reações bioquímicas de decomposição da matéria orgânica.

Na compostagem o teor ótimo de umidade situa-se entre 50 e 60% (PROSAB, 1999). Teores menores de umidade, aproximadamente 30%, inibem o metabolismo dos microrganismos e conseqüentemente a degradação da matéria orgânica. Umidades superiores a 65% proporcionam uma decomposição lenta devido a formação de regiões em anaerobiose e à lixiviação de nutrientes (VALENTE *et al.*, 2009). Desta forma, para o processo de compostagem a umidade ideal pode variar entre 50 e 60% dependendo do material a ser compostado (STENTIFORD, 1996; RODRIGUES *et al.*, 2006). Segundo Ecochem (2004) o excesso de umidade reduz a penetração do oxigênio no material a ser compostado, uma vez que a matéria orgânica decomposta é hidrófila e as moléculas de água se aderem fortemente a superfície das partículas tornando os seus micro e macro poros saturados. Nas condições de umidade elevada é observada também a compactação do material, maior produção de chorume percolado e o desprendimento de gás com odor desagradável como o gás sulfídrico (D' ALMEIDA e VILHENA, 2000). Para a AW, no início de uma fermentação em estado sólido os valores podem ser superiores a 0,95 (RODRÍGUEZ LEÓN *et al.*, 2008).

Desta forma, durante o processo de compostagem a umidade deve ser monitorada e controlada para que se mantenha nas condições ideais.

2.6.3 pH

Os principais materiais utilizados como matéria prima na compostagem são de origem ácida, como sucos vegetais, urina e fezes de animais, sangue, dentre outros (KIEHL, 1998). Desta forma, normalmente o material a ser compostado possui pH ácido no início do processo.

Após o início da decomposição ocorre a formação de ácidos orgânicos, devido ao metabolismo celular, fazendo com que o pH diminua em relação ao

inicial. Porém, estes ácidos orgânicos e os traços de ácidos minerais, reagem com bases liberadas da matéria orgânica gerando compostos alcalinos (DAI PRÀ, 2006). Ainda no decorrer da compostagem há formação de ácidos húmicos que reagem com elementos químicos básicos formando humatos alcalinos. Como consequência, o pH do composto tende a aumentar durante o processo podendo chegar a valores superiores a 8 (KIEHL, 1998).

Valores de pH abaixo de 5,0 e superiores a 9,0 tendem a diminuir a velocidade de decomposição da matéria orgânica durante a compostagem, tornando o processo muito lento (GRAVES *et al.*, 2000). Porém, devido ao efeito tampão das pilhas de compostagem o valor de pH ao início da compostagem não é de suma importância (HAUG, 1993), uma vez que o pH ao final da compostagem tende a neutralidade independentemente do pH do material a ser compostado (GRAVES *et al.*, 2000).

2.6.4 Aeração

A aeração pode ser considerada como um dos fatores mais importantes no processo de compostagem. É o principal mecanismo de controle da temperatura, atividade metabólica dos microrganismos, para diminuir a liberação de odores desagradáveis e reduzir o excesso de umidade do material em decomposição (PEREIRA NETO, 2007; KIEHL, 2004). Segundo Richard e colaboradores (2002), durante a compostagem a concentração de oxigênio no interior da massa deve ser superior a 10% para que o processo se desenvolva de forma eficiente.

A aeração na compostagem pode ser realizada através do revolvimento da massa por métodos manuais ou mecânicos. Estes métodos consistem em desmanchar a pilha formada pela massa e remontá-la novamente, fazendo com que seja introduzido ar novo, rico em oxigênio, e haja liberação do ar contido na massa saturado de gás carbônico, gerado pela respiração dos microrganismos (KIEHL, 1998). Outro método para fornecimento de oxigênio para a massa a ser compostada é através da injeção forçada de ar. Neste método o ar é injetado no interior da pilha através de compressores ligados a tubos perfurados dispostos sob a massa a ser compostada.

2.6.5 Temperatura

Durante a atividade biológica, de degradação da matéria orgânica ocorre a liberação de calor como resultado do metabolismo microbiano, elevando consideravelmente a temperatura. Esta temperatura é considerada por alguns autores como o mais importante indicador de eficiência do processo de compostagem (IMBEAH, 1998). Contudo, levando em consideração que a temperatura durante a compostagem é afetada por fatores como tamanho da leira, aeração, umidade e ainda pela disponibilidade de nutrientes, não se pode afirmar que o composto estará maduro quando a temperatura da biomassa chegar próximo a do ambiente (VALENTE *et al.*, 2009).

Após o empilhamento da matéria orgânica a sua temperatura, inicialmente próxima ao ambiente, eleva-se como resultado da retenção do calor gerado pela atividade microbiana (PAIVA, 2008). Quando as condições (umidade, relação C/N, aeração, entre outras) estão propícias para o processo ocorre uma elevação na temperatura que pode variar de 40 a 60 °C entre o segundo e quarto dia (PEREIRA NETO E AZEVEDO, 1990). Esta variação da temperatura pode ser observada na figura 5, aonde os autores obtiveram diferentes perfis de temperatura durante a compostagem de dejetos de caprinos em estações climáticas distintas.

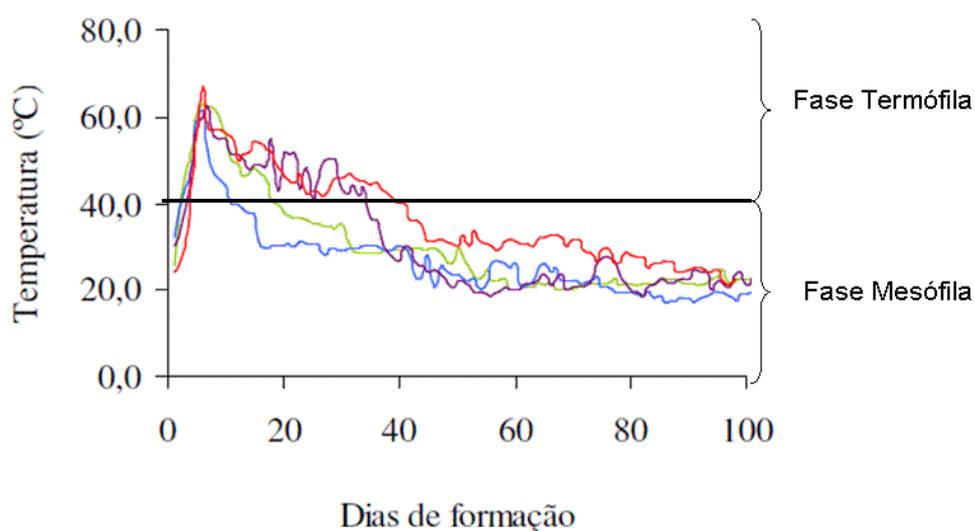


FIGURA 5 – VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DURANTE O PROCESSO DE COMPOSTAGEM. COMPOSTAGEM DE DEJETOS DE CAPRINOS EM DIFERENTES ESTAÇÕES CLIMÁTICAS DURANTE O ANO; VERDE -VERÃO, AZUL – OUTONO, ROXO – INVERNO E VERMELHO – PRIMAVERA.

FONTE: MODIFICADO DE (AMORIM *ET AL.*, 2005)

O aumento da temperatura durante a compostagem possibilita a eliminação de grande parte dos microrganismos patogênicos, assim como larvas, insetos, ovos de parasitas e ervas daninhas (DÉPORTES *et al.*, 1998). Segundo Stentiford e colaboradores (1996), para a sanitização do material são necessárias temperaturas próximas a 55 °C por no mínimo três dias, enquanto que a degradação máxima da matéria orgânica ocorre entre 45 e 55 °C e a máxima diversidade microbiana ocorre nas temperaturas entre 35 e 40 °C. Porém, é necessário que a temperatura letal alcance toda a massa a ser compostada, sendo que o revolvimento do material proporciona a exposição dos organismos patogênicos que estão em regiões não letais sejam transferidos para regiões de temperatura letal.

Temperaturas superiores a 65 °C tendem a diminuir consideravelmente a atividade microbiana responsável pela degradação da matéria orgânica, reduzindo a atividade microbiana e retardando o período total de compostagem, devido à morte dos microrganismos termofílicos, além de reduzir a qualidade final do composto. Desta forma a temperatura durante a compostagem deve ser controlada para que não ocorra a morte dos organismos benéficos ao processo. A temperatura no interior da pilha de compostagem pode ser controlada pelo reviramento ou aumento do fluxo de ar no interior da biomassa.

2.6.6 Microrganismos

A compostagem é um processo de decomposição realizado por diferentes grupos de microrganismos responsáveis também pela estabilização e mineralização do material, sendo normalmente encontrados nos próprios materiais a serem compostados (MUKHTAR *et al.*, 2004). Segundo Tiquia e colaboradores (1998) a microbiota original da biomassa é determinante na qualidade de degradação e nas características do composto final.

Durante o processo de compostagem ocorre uma marcante e contínua mudança nas espécies de microrganismos envolvidos (MILLER, 1992), sendo os principais bactérias e fungos filamentosos.

A resistência térmica dos microrganismos presentes na compostagem é de grande importância, uma vez que a fase termofila acontece logo no início do

processo de compostagem restando grande quantidade da matéria orgânica para ser decomposta após o resfriamento do material (TAIWO E OSO, 2004).

As bactérias possuem o papel mais importante na degradação durante a fase termofílica e são responsáveis pela maior parte da decomposição da matéria orgânica inicial. Degradam os compostos de fácil decomposição, como os açúcares e proteínas, promovendo a liberação de grande quantidade de calor e conseqüentemente aumentando a temperatura da massa em compostagem (CORRÊA *et al*, 1982). Durante a fase mesófila da compostagem, temperaturas inferiores a 40 °C, as bactérias tendem a degradar compostos ricos em açúcares simples e proteínas; porém, com o aumento da temperatura tende-se a degradação de compostos como ácidos graxos, frações de hemicelulose e proteínas (RYNK, 1992). Com este aumento da temperatura ocorre a morte dos microrganismos mesófilos e predominância de bactérias e fungos termófilos, além de alguns actinomicetos.

Os fungos possuem grande importância no processo de compostagem pois são os responsáveis pela decomposição de compostos de difícil degradação biológica, como a celulose e lignina. Estes organismos aparecem normalmente nas fases finais do processo de compostagem devido à natureza dos materiais que eles decompõem e à baixa competição com as bactérias e outros microrganismos (LIMA, 1991).

Os actinomicetos possuem reconhecida capacidade da degradação de substratos recalcitrantes como a celulose e lignina (TUOMELLA *et al.*, 2000). São naturalmente encontrados no solo e possuem a capacidade de sobreviver em altas temperaturas, sendo mais abundantes na fase final da compostagem, devido à menor quantidade de água necessária e ao pH com tendência à neutralidade (GRAVES *et al.*, 2000).

2.6.7 Capacidade de troca catiônica (CTC)

Outro parâmetro de grande importância no composto final é capacidade de troca catiônica (CTC). Este parâmetro está diretamente ligado a qualidade do solo, sendo que quanto maior a CTC do solo maior será a sua fertilidade (PAIVA, 2008). A CTC é a capacidade química do solo em reagir com os minerais (nutrientes) catiônicos (H^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} e Al^{3+})

fixando-os e mantendo-os disponíveis às plantas, protegendo-os de perdas por lixiviação ou por reações fortes de fixação, que os indisponibilizam (SILVA E SILVA FILHO, 2002). Essa capacidade favorece a absorção de nutrientes pelas plantas, além de estabilizar o pH e complexar metais pesados (PEREIRA NETO, 2007).

A CTC quando relacionada com a porcentagem de carbono orgânico total (COT) pode ser utilizada como uma informação da qualidade do composto, valores de CTC/COT (%) acima de 1,7 indicam que a matéria orgânica do composto está bem humificada (HARADA E INOKO, 1980).

Segundo Cegarra e colaboradores (1983) o aumento da CTC durante a compostagem está relacionado diretamente a grupos funcionais das substâncias húmicas: quanto maior o teor de C na fração de ácido húmico maior serão os valores para CTC (MELO *et al.*, 2008).

2.6.8 O Ácido Húmico nas Substâncias Húmicas

Dentre os constituintes químicos do composto encontram-se as substâncias húmicas que possuem características de proporcionar fertilidade ao solo (ABATE, 1998). Outra característica das substâncias húmicas é a capacidade de reter a água no solo, devido às suas propriedades coloidais. A agregação das moléculas pelas ligações covalentes com o hidrogênio é responsável pela formação de estruturas esponjosas, com grandes espaços vazios, conseguindo reter grandes quantidades de água no solo e liberando-a lentamente para a planta, como um sistema de controle da água capilar (SILVA E SILVA FILHO, 2002).

As substâncias húmicas são formadas por compostos químicos com diferentes características podendo ser subdivididas com base nas suas características de solubilidade em diferentes faixas de pH (STEVENSON, 1994). De acordo com a Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas pode se dividir as substâncias húmicas em:

- ✓ Humina- fração insolúvel em meio alcalino ou em meio ácido diluído. Possui reduzida capacidade de reação.
- ✓ Ácido Fúlvico - fração colorida que se mantém solúvel em meio

alcalino ou em meio ácido diluído.

✓ Ácidos Húmicos- fração escura solúvel em meio alcalino, precipitando-se em forma de produto escuro e amorfo em meio ácido.

Dentre os constituintes das substâncias húmicas, os ácidos húmicos correspondem à fração com coloração escura, grande capacidade de troca catiônica, tendo sua formação química muito complexa sendo formados por polímeros de compostos aromáticos e alifáticos com elevado peso molecular como mostrada na figura 6 (SILVA E SILVA FILHO, 2002). Combina-se com elementos metálicos formando humatos, que podem precipitar (humatos de cálcio, magnésio, etc.) ou permanecer em dispersão coloidal (humatos de sódio, potássio, amônio, etc.) (ROCHA E ROSA, 2003).

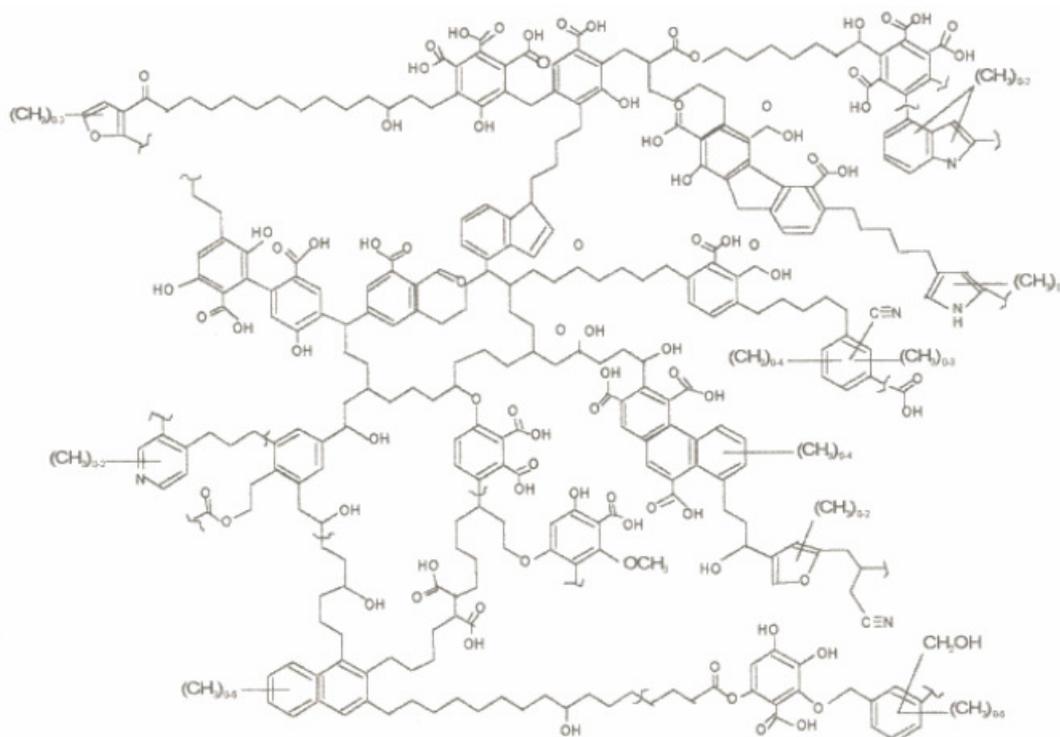


FIGURA 6 - ESTRUTURA QUÍMICA PROPOSTA POR SCHULTEN E SCHNITZER EM 1997 PARA OS ÁCIDOS HÚMICOS.

Esta substância possui importantes funções, podendo ser utilizada como adsorvente de poluentes orgânicos e inorgânicos, tornando-os bioindisponíveis (RAMOS-TEJADA *et al.*, 2003; ILLÉS E TOMBÁCZ, 2004; FAIRHURST *et al.*, 1995). Outra finalidade para os ácidos húmicos é a de condicionador de solo e estimulantes vegetais (RAUSA *et al.*, 1994) ou ainda como fertilizante para diversas culturas (TEJADA E GONZALEZ, 2004; DELFINE *et al.*, 2005; FERRARA E BRUNETTI, 2008).

2.7 EFEITO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM CULTURAS VEGETAIS

Há algum tempo a agricultura vem utilizando e se beneficiando da adubação orgânica para o incremento da produtividade em diferentes culturas vegetais. Com o passar do tempo esta prática tem ganhado força levando os agricultores a utilizar matérias orgânicas de diferentes fontes como fertilizantes (KIEHL, 1998).

O fertilizante orgânico adicionado ao solo mineraliza-se com o passar do tempo liberando os nutrientes gradativamente para as plantas: juntamente com esta característica encontra-se a presença dos ácidos húmicos que reagem com as formas trocáveis de Alumínio, Manganês entre outros metais diminuindo sua ação tóxica (PEIXOTO, 1998). O composto orgânico ajuda, ainda, na reestruturação física do solo, aumentando a aeração e retenção de água (BRADY, 1989).

Frente às características dos fertilizantes orgânicos e aos benefícios que a utilização desta técnica acarreta, existem diversos estudos de adubação orgânica em diferentes culturas vegetais, entre estes pode-se citar: a avaliação da eficiência dos compostos orgânicos na produção de cebolinha *Allium fistulosum* L. (RIBEIRO E LIMA, 2007), o efeito da adubação verde sobre o crescimento de *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. (ALAVES DOS SANTOS *et al.*, 2009) e o efeito residual da adubação orgânica sobre o crescimento e produção de alface (SILVA SANTOS *et al.*, 2001). Ainda pode-se citar o trabalho realizado por Oliveira e colaboradores (2009) que avaliaram o efeito da matéria orgânica sobre a cultura da alface, o estudo realizado por Melo e colaboradores (2009) avaliando o emprego da adubação orgânica nas culturas de milho e feijão Caupi. Neste último trabalho os autores conseguiram um aumento de produtividade de 85% para o milho e 101% para a cultura de feijão Caupi, porém este aumento na produtividade pode variar nos diferentes tipos de culturas vegetais levando em consideração as características do composto orgânico empregado e as necessidades minerais das plantas.

2.8 O MERCADO DOS FERTILIZANTES ORGÂNICOS

Atualmente no mercado mundial existem diversas empresas que possuem como base a produção e comercialização de fertilizantes orgânicos e organominerais. Entre estas empresas pode se citar a North Country Organics, Neptune's Harvest e Aggrand localizadas nos Estados Unidos da América; Penta Bioscience Products, Agro-India Industries e OrganicaBiotech localizadas na Índia; Ferm o Feed, Condit, Nature S.A., Biesterfeld localizadas em países da Europa; Agri-Growth International Inc localizada no Canadá e ainda Sun E Earth Biotechnology, Lizz Agro-chemicals e Sukahan (Weifang) Bio-technology localizadas na China. No Brasil estão em funcionamento as empresas Ecosolo, Adubos Ferticel, Organosuper Mercantil Ind e Fertilizantes Orgânicos, Organoeste sendo está última com sede no município de Contenda no estado do Paraná.

No ano de 2009 a Embrapa Solos começou a parceria com o Grupo Roda d' Água com o objetivo de produzir fertilizantes orgânicos através do reaproveitamento de resíduos industriais. Além deste grupo a Embrapa Solos buscou novas parcerias com empresas privadas com o intuito de desenvolver novos produtos na área de fertilizantes orgânicos. Com a formação destas parcerias e o desenvolvimento de novos produtos o Brasil levará à redução da importação de nutrientes para a agricultura que representa 75% dos 30 milhões de toneladas consumidas por ano (REDE DE TECNOLOGIA SOCIAL – RTS, 2009).

Com relação ao valor de mercado destes produtos pode-se dizer que há uma variação conforme a região do país e a época do ano (AZEVEDO *et al.*, 2002). Segundo o mesmo autor os valores podem variar entre aproximadamente 15,80 e 36,00 US\$ a tonelada conforme a tabela 2. Contudo, esses valores tentem a aumentar com o incentivo à produção de alimentos orgânicos que está ocorrendo em todo o mundo, uma vez que se podem encontrar esses alimentos em várias redes de supermercados ou até mesmo locais especializados na venda destes produtos (EHLERS, 2004).

TABELA 2 – VALORES COMERCIAIS DE COMPOSTOS ORGÂNICOS EM DIFERENTES LOCALIDADES BRASILEIRAS E MÉDIA EUROPEIA.

Fertilizantes orgânicos			
Local e ano de beneficiamento		Sistema de beneficiamento adotado	Valor em US\$/t
Usinas da COMLURB (Município do RJ) (1)	Irajá (1998/1999)	Próprio	15,80
	Irajá (1997)	Próprio	16,34
	Irajá/ (1996)	Próprio	18,67
	Irajá (1995)	Próprio	18,75
	Jacarepaguá (1994/1995) (*)	DANO	19,46
	Caju (1993) (*)	TRIGA	21,23
Usinas de outros locais	Santo André/SP (2)	(-)	28,00
	Belo Horizonte/MG (2)	DANO	36,00
	Uberaba/MG (2)	NOVERGIE	32,00
	São Mateus/SP (2)	(-)	17,00
	Vila Leopoldina/SP (2)	(-)	17,00
	Países europeus (3)	(-)	25,00

FONTE: SOLORZANO, 1999; LINDERBERG, 1991

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Estudar e avaliar o processo de compostagem acelerada de cama de frango quanto às características químicas, físicas e microbiológicas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Isolar microrganismos responsáveis pelo processo de compostagem do material estudado;
- ✓ Propor e montar reatores necessários para o estudo do processo de compostagem;
- ✓ Desenvolver inóculos para a compostagem isolando linhagens adaptáveis as condições e substrato utilizado;
- ✓ Avaliar as condições de umidade e aeração necessárias para a compostagem;
- ✓ Simular o interior de uma pilha de compostagem;
- ✓ Acompanhar o desenvolvimento da compostagem através de medições de parâmetros que determinam a fase do processo e a qualidade do composto;
- ✓ Determinar as características físicas, químicas e biológicas do composto final;
- ✓ Avaliar o fertilizante orgânico no desenvolvimento de plantas;

4. METODOLOGIA

4.1 COLETA DA CAMA DE FRANGO

A coleta da cama de frango foi realizada em uma granja de frangos de corte localizada no município de Mandirituba/PR. Os galpões de criação (figura 7) são construídos em alvenaria com 75 metros de comprimento e 20 de largura com capacidade para 2000 aves por lote de criação. São fechados por telas de arame, para proteção contra fuga e a entrada de animais, e mantas plásticas, para a manutenção da temperatura interna durante o período de inverno. O sistema de aquecimento é composto por lareiras a gás e o sistema de resfriamento e ventilação por ventiladores dispostos em diferentes pontos dentro do galpão. A alimentação das aves é realizada através de comedouros de carga manuais tubulares com capacidade de 15 kg e a água é fornecida através de bebedouros suspensos tipo Nipple com vazão média.



FIGURA 7 - GALPÃO DE CRIAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE SIMILAR AO DA COLETA DAS AMOSTRAS.

Foram coletadas amostras da cama de frango de terceira geração, que é a terceira ninhada crescida no mesmo suporte, em diferentes pontos amostrais

conforme esquematizado na figura 8. Para cada um dos 7 pontos amostrais foi coletado volume de aproximadamente 5 litros, totalizando 35 litros (aproximadamente 14 kg) de cama de frango em estado bruto. O material coletado foi homogeneizado, fracionado e acondicionado em sacos de r fia para o transporte até o laboratório de Processos Biotecnológicos da Universidade Federal do Paraná. No laboratório a cama de frango foi acondicionada em caixas de isopor com a tampa vedada de forma a garantir um ambiente livre de umidade e entrada de parasitas. Todos os procedimentos que envolveram a manipula o da cama de frango foram realizados usando os EPI's necessários tais como luvas e mascara.

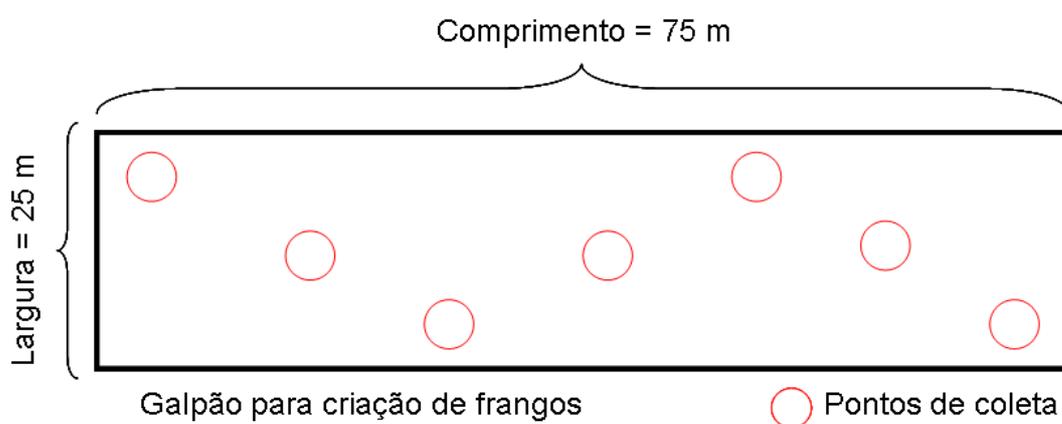


FIGURA 8 – DISPOSI O DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM NO INTERIOR DO GALPÃO DE CRIA O DE AVES.

4.2 AVALIA O DA DIVERSIDADE MICROBIOLÓGICA DA CAMA DE FRANGO

Buscou-se avaliar a diversidade microbiológica da cama de frango através do isolamento dos microrganismos presentes no material.

O isolamento dos microrganismos foi realizado conforme normas estabelecidas pela Instru o Normativa N  26 de agosto de 2003 (BRASIL, 2003) utilizando amostras de aproximadamente 0,5 g de cama de frango, seguindo de dilui es seriadas em tubos de ensaio contendo soluço salina 0,85%. Em seguida, foram inoculados 100 μ L das dilui es 10^{-5} a 10^{-8} em placas de Petri contendo os meios de cultivo Agar nutriente e  gar Dextrose Batata. Após, as placas foram incubadas em estufa bacteriológica nas temperaturas de 37 $^{\circ}$ C para crescimento de bactérias e 28 $^{\circ}$ C para crescimento de fungos e leveduras. As placas foram incubadas em um tempo suficiente para que o maior número de diferentes microrganismos se desenvolvesse no meio sem a sobreposi o das

colônias. Após o período de incubação, as colônias isoladas escolhidas foram repicadas para novas placas de Petri, contendo o mesmo meio de cultura e separadas conforme suas características morfológicas e pelo teste de coloração de Gram.

4.3 ISOLAMENTO E AVALIAÇÃO DOS MICRORGANISMOS UTILIZADOS COMO INOCULO

A adição de microrganismo ao material a ser compostado incrementa a ação microbiológica sob o substrato e conseqüentemente reduz o tempo necessário para se ter o processo de compostagem finalizado.

4.3.1 Isolamento dos microrganismos para utilização no processo de compostagem

Foram isolados microrganismos de diferentes fontes com o intuito de incrementar a flora microbiana do material e acelerar o processo de compostagem.

As amostras utilizadas para o isolamento dos microrganismos foram solo, serrapilheira e pedaços de vegetação em estado avançado de decomposição obtida na região da serra do mar (local não antropizado), em matas de vegetação fechada no município de Mandirituba (local antropizado) e solo proveniente de criatório não comercial de frango. As amostras foram coletadas em recipientes esterilizados e encaminhadas ao laboratório de Processos Biotecnológicos/UFPR, onde permaneceram resfriadas a 5 °C até o isolamento dos microrganismos.

O meio de cultivo utilizado no isolamento dos microrganismos foi denominado de CF (Cama de Frango) e formulado a partir de cama de frango em estado bruto, moída em moedor elétrico de café até a obtenção de um fino pó retido na tampa. O pó fino da cama de frango foi misturado com água destilada na proporção de 20 g.L⁻¹ e acrescentada Agar-agar (15 g.L⁻¹). O meio foi esterilizado em autoclave (121 °C, 21 min) e adicionado em placas de Petri na quantidade de 20 mL por placa.

O isolamento foi realizado homogeneizando aproximadamente 0,5 g de amostra em tubo de ensaio contendo solução salina 0,85 % esterilizada e

efetuando diluições sucessivas até 10^{-8} . Foram inoculados 100 μ l de cada amostra nas respectivas diluições no meio CF e incubados a 28 e 37 °C por períodos de 20 horas até 3 dias para o aparecimento completo de fungos filamentosos. Durante a incubação foi monitorado o crescimento dos microrganismos e os que tiveram crescimento superior aos demais foram repicados para outra placa com o mesmo meio de cultivo. Em seguida, os isolados foram repicados em tubos de ensaio contendo meio Agar nutriente inclinado com o pH modificado para 8,5, próximo ao pH da cama de frango, e armazenados a 5 °C. Os isolados foram identificados com a sigla MPC (Microrganismos Projeto Compostagem) seguido da numeração conforme a ordem de isolamento.

4.3.2 Avaliação dos isolados quanto ao crescimento na cama de frango

Com o intuito de identificar quais dos isolados (item 4.3.1) apresentaram maior crescimento tendo a cama de frango como substrato foi desenvolvido um experimento onde se avaliou o crescimento das bactérias através da absorbância em meio líquido e dos fungos filamentosos através do crescimento radial em meio sólido.

Os experimentos foram realizados crescendo as cepas bacterianas em 50 mL de meio líquido formulado com cama de frango (20 g.L^{-1}), diluída em água destilada, e esterilizado em autoclave por 21 min a 121 °C. Para as cepas fúngicas foi utilizado o mesmo meio de cultivo nos testes bacterianos, porém com a adição de Agar-agar (15 g.L^{-1}). Após a elaboração dos meios de cultivo as cepas bacterianas foram repicadas para os frascos contendo o meio líquido e incubadas por 20 horas sob agitação orbital de 120 rpm e temperatura de 37 °C, enquanto as cepas fúngicas foram repicadas, com o auxílio de uma alça de platina, no centro das placas de Petri contendo o meio de cultivo sólido e incubadas a 28 °C por um período de 3 dias. Com o término do período de incubação, foram realizadas as leituras das densidades ópticas ($\lambda=595 \text{ nm}$) das culturas bacterianas em espectrofotômetro SpectrumLab - 22PC tendo como branco o meio de cultivo sem a adição de microrganismos. Para os fungos, após o período de incubação foram retiradas as medidas do diâmetro da colônia em duas orientações distintas perpendiculares entre si, com o auxílio de um

paquímetro.

4.3.3 Avaliação dos microrganismos isolados quanto à resistência térmica e crescimento na faixa termófila de temperatura

A resistência dos microrganismos às altas temperaturas é de fundamental importância durante o processo de compostagem. Desta forma, foi realizado um experimento para avaliar o crescimento dos microrganismos isolados (item 4.3.1) em níveis de temperaturas elevadas.

O experimento foi realizado de forma similar ao mencionado no item 4.3.2, porém com modificação nas temperaturas de incubação. A incubação das culturas foi realizada nas temperaturas de 30 (temperatura padrão), 40, 50 e 60°C por um período de 20 horas para as culturas bacterianas e de 3 dias para as culturas fúngicas.

Com o objetivo de avaliar a resistência e crescimento dos microrganismos após a exposição das cepas ao estresse térmico, as culturas microbianas utilizadas na temperatura de 60 °C foram repicadas para novos meios de cultura CF e incubadas a 37 °C por 20 horas para as culturas bacterianas e 28 °C por 3 dias para as culturas fúngicas. Após, foi realizado a leitura do crescimento bacteriano e fúngico conforme o item 4.3.2.

4.4 MONTAGEM DOS BIORREADORES PARA AVALIAÇÃO DA COMPOSTAGEM

Para a realização dos experimentos de compostagem foram montados biorreatores em escala de bancada conforme a figura 9. Os reatores foram montados em poliestireno expandido, com o intuito de minimizar variações de temperatura no interior dos reatores.

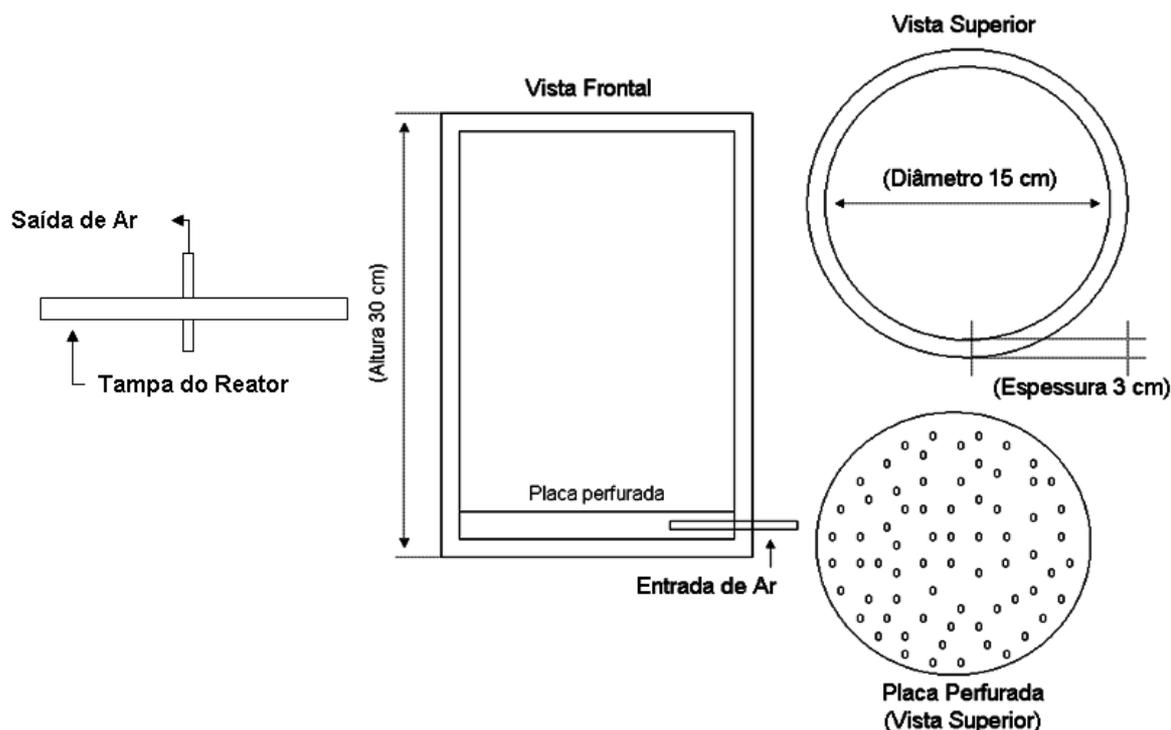


FIGURA 9 – ESQUEMA DA MONTAGEM DOS BIORREACTORES.

A aeração foi realizada com o auxílio de uma bomba de diafragma sem óleo, marca Silfab modelo 905CD18, conectada a um erlenmeyer contendo água destilada para a umidificação do ar. O ar após passar pela umidificação foi encaminhado para outro erlenmeyer com várias saídas conectadas à entrada de ar dos reatores (figura 11). A vazão do ar foi controlada através de uma válvula situada entre a saída de ar da bomba e a entrada do ar no umidificador e mensurada através de um rotâmetro.

Para as medições da temperatura durante a compostagem foram feitos orifícios para a inserção dos termômetros em três posições ao longo da altura da parede do reator. Os orifícios quando não usados foram fechados com rolhas plásticas a fim de garantir o fluxo de ar em todo o material dentro do reator.

Na parte superior do reator foi acoplada uma tampa para evitar a saída excessiva de umidade e perda de calor para o ambiente, juntamente à tampa foi instalada uma cânula para a saída de gases formados durante a compostagem.



FIGURA 10 - REATORES UTILIZADOS DURANTE OS EXPERIMENTOS.

4.5 CORRELAÇÃO DA ADIÇÃO DE ÁGUA NO SUBSTRATO E SEUS VALORES DE UMIDADE E ATIVIDADE DE ÁGUA

A umidade ideal do substrato ao início da compostagem é de fundamental importância para o desenvolvimento correto do processo, sendo necessário o conhecimento da quantidade de água acrescentada para umidificar o substrato na umidade ideal. Desta forma, foi realizado um experimento para se saber o volume de água necessária para se ter o substrato com umidade de aproximadamente 60% conforme indicado por Kiehl (2004).

O experimento foi realizado com a pesagem de 5 g de amostra em um frasco com tampa e adição de quantidades crescentes de água (0 a 5 mL) com variação de 0,5 mL para cada frasco. O material foi homogeneizado com bastão de vidro e deixado em repouso por 20 min sob resfriamento (5 °C) para evitar o crescimento de microrganismos e o consumo da água livre. Em seguida foram realizadas as análises do teor de umidade na balança determinadora de umidade por infravermelho (TopRay) com temperatura de 105 °C e a atividade de água no equipamento Aqualab modelo CX-2. Juntamente com as análises de umidade e A_w foi avaliada a característica pastosa do material quando umidecido, uma vez que dependendo das características físico-químicas do material este pode compactar facilmente impedindo a difusão de ar entre as partículas. Esta última avaliação foi realizada através da visualização do material e comparação com o seu estado bruto.

4.6 AVALIAÇÃO DA VAZÃO DE AR NECESSÁRIA DURANTE O PROCESSO DE COMPOSTAGEM

Com o objetivo de avaliar a aeração necessária durante a compostagem que não causava o resfriamento do material foram realizados ensaios com diferentes vazões de ar durante a fase inicial de compostagem. Foram utilizados reatores com válvulas independentes para ajuste da vazão e fornecimento do ar com o auxílio de uma bomba de ar comprimido composta por diafragma e sem óleo. Em cada reator foi adicionado 2000 g de cama de frango com umidade de aproximadamente 60%, conforme indicado por Kiehl (1998), para que ocorresse o início do processo de compostagem e conseqüentemente aquecimento da massa devido ao metabolismo microbiano.

As vazões de ar foram ajustadas em 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 70 ml de ar/min para cada reator. As medidas de temperatura foram tomadas duas vezes ao dia, por um período de 15 dias consecutivos durante toda a fase termófila do experimento. Após o término do experimento, foi selecionada a melhor vazão de ar fornecida ao sistema através da análise de queda das temperaturas em relação ao fornecimento de oxigênio.

4.7 COMPOSTAGEM DA CAMA DE FRANGO

4.7.1 Produção do Inóculo

Os inóculos utilizados durante o processo de compostagem foram produzidos utilizando o meio de cultivo CF, tendo as concentrações celulares e de esporos ajustadas anteriormente a inoculação na cama de frango, conforme trabalho realizado por Cariello e colaboradores (2007). As culturas puras dos fungos foram inoculadas em placas de Petri contendo o meio CF sólido e incubadas a 28 °C até a esporulação. Os esporos foram recuperados com solução salina 0,85% esterilizada e ajustados às concentrações para 1×10^8 esporos/ml. As culturas bacterianas foram crescidas separadamente em 100 ml de meio CF e incubadas a 37 °C sob agitação orbital constante (120 rpm), até atingirem aproximadamente 1×10^8 células/ml.

4.7.2 Montagem dos experimentos

Os ensaios de compostagem foram montados em triplicata para cada tratamento, sendo que cada ensaio foi composto por diferentes combinações aleatórias dos microrganismos isolados conforme tabela 3.

Foram pesados 2 kg de cama de frango em estado bruto para cada reator seguindo-se da adição do inóculo em uma concentração final de 1×10^7 células-esporos/g de cama de frango. Em seguida, a umidade foi ajustada para 60 % com a adição de água destilada ou vinhaça, seguido da homogeneização e acondicionamento do material dentro dos reatores. Foram retiradas amostras de 30 g de cada reator para as análises físico-químicas do ponto inicial do processo de compostagem. Como controles foram montados ensaios de compostagem da cama de frango nas mesmas condições descritas anteriormente, porém sem a adição dos microrganismos.

TABELA 3 – MONTAGEM DOS EXPERIMENTOS DE COMPOSTAGEM.

Ensaio	Tratamento	Microrganismos	Volume de inóculo usado	Volume de líquido para ajuste da umidade	Observação
Ensaio 1	Tratamento 1	Sem a adição de microrganismos	---	1400 ml (H ₂ O)	---
	Tratamento 2	MPC 2 ¹	25 ml de cada inóculo	1200 ml (H ₂ O)	Microrganismos isolados de local antropizado e não antropizado
		MPC 7 ¹			
		MPC 10 ¹			
		MPC 12 ¹			
		MPC 21 ¹			
		MPC 3 ²			
		MPC 4 ²			
MPC 13 ²					
Ensaio 2	Tratamento 3	MPC 12 ¹	50 ml de cada inóculo	1200 ml (H ₂ O)	Microrganismos isolados de local antropizado
		MPC 19 ¹			
		MPC 13 ²			
		MPC 14 ²			
	Tratamento 4	MPC 8 ¹	50 ml de cada inóculo	1200 ml (H ₂ O)	Microrganismos isolados de local não antropizado
		MPC 12 ¹			
		MPC 3 ²			
	Tratamento 5	MPC 14 ²	50 ml de cada inóculo	1200 ml (H ₂ O)	Microrganismos isolados de aviário não comercial
		MPC 21 ¹			
		MPC 25 ¹			
Ensaio 3	Tratamento 7	MPC 23 ²	50 ml de cada inóculo	1200 ml (Vinhaça)	Microrganismos isolados de aviário não comercial
		MPC 24 ²			
		MPC 16 ¹			
		MPC 18 ¹			
Tratamento 6	Sem a adição de microrganismos	---	1400 ml (Vinhaça)	---	

Tipo de microrganismo utilizado: ¹ bactéria; ² fungo filamentosos.

Os processos de compostagem ocorreram sob aeração forçada com fluxo de ar de $40 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ conforme condições pré-estabelecidas no item 4.6. A umidade interna do reator foi mantida pela umidificação do ar, passando o fluxo por um recipiente contendo água destilada.

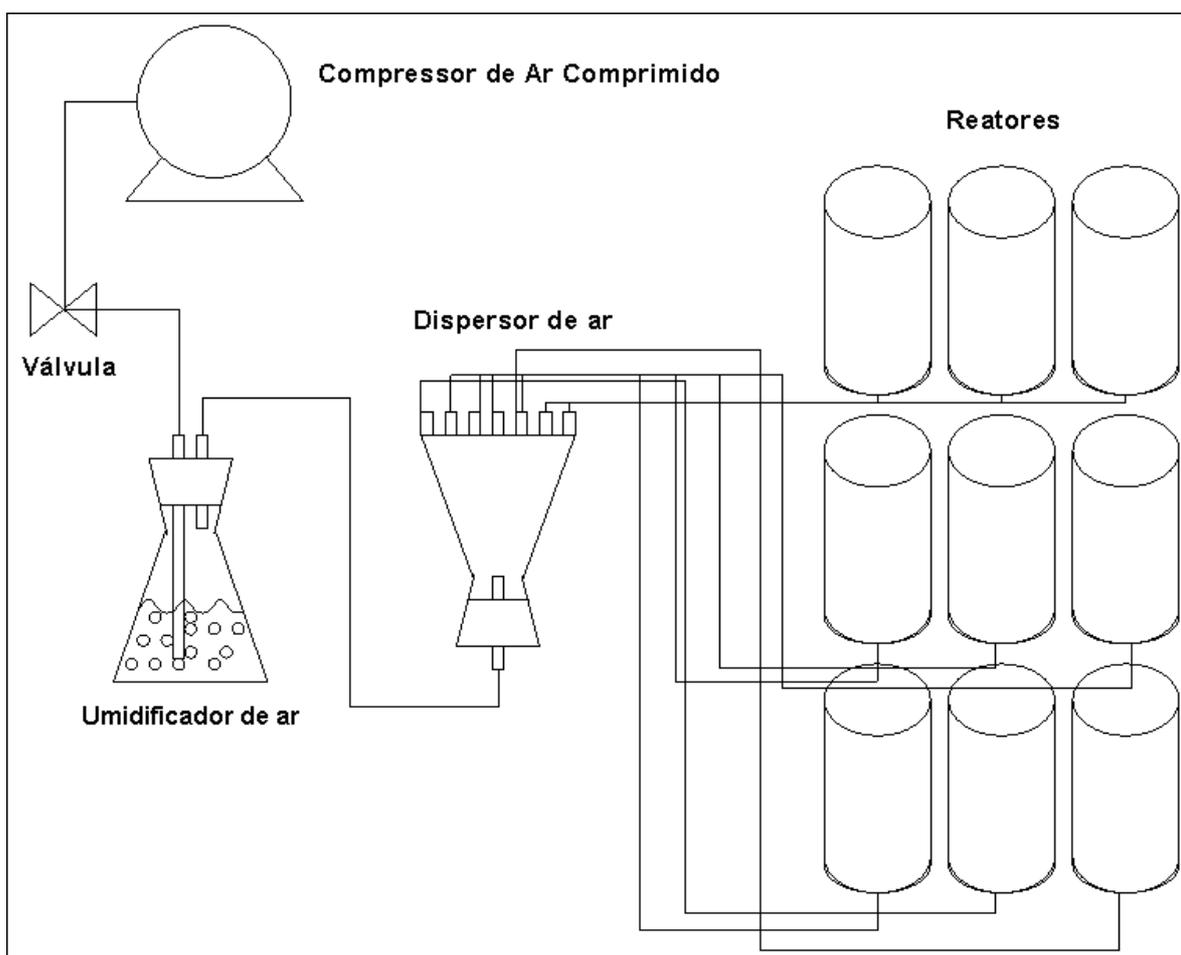


FIGURA 11 – DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DO SISTEMA DE COMPOSTAGEM.

4.7.3 Acompanhamento da compostagem

O acompanhamento da compostagem foi realizado durante todo o decorrer do processo com a realização de análises de fósforo, sódio, potássio, relação carbono/nitrogênio, teor de ácidos húmicos, açúcares totais, além da avaliação da variação da temperatura, pH, umidade, atividade de água (A_W) e perda de peso do material. O acompanhamento do processo de compostagem ainda contou com

análises de presença ou ausência de bactérias do gênero *Salmonella*, além da avaliação da diversidade de microrganismos no decorrer do processo. As análises químicas foram escolhidas com base no manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos proposto pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2007) e Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto (KIEHL, 2002) com suas metodologias adaptadas quando necessárias.

4.7.3.1 Amostragem do material durante o processo de compostagem

Foram retiradas amostras semanalmente para as análises físicas e químicas e acompanhamento das condições do processo de compostagem. O material foi previamente homogeneizado de forma a garantir uma amostra representativa. Uma porção de aproximadamente 30 g de material foi retirada do interior de cada reator, acondicionada individualmente em pacotes plásticos e devidamente identificada. As amostras foram deixadas sob refrigeração em temperatura inferior a 5 °C até a realização das análises. As análises químicas e microbiológicas foram realizadas de forma mais rápida possível para que não fosse permitida a perda da qualidade e alterações do material.

4.7.3.2 Avaliação da temperatura

A avaliação da temperatura ocorreu durante todo o processo de compostagem tomando-se as medidas, no interior dos reatores e do ambiente, diariamente, no período da manhã e da tarde. A medição da temperatura no interior dos reatores foi realizada com o auxílio de termômetro com graduação de -10 a 100 °C. O termômetro foi introduzido por perfurações na parede do reator de forma a chegar com o bulbo próximo ao centro. As temperaturas foram tomadas em duas posições: uma próxima à base e outra superior próxima ao meio do reator.

4.7.3.3 Determinação da umidade e A_w

A determinação da umidade foi realizada com o auxílio da balança determinadora de umidade por infravermelho (TopRay) pesando-se entre 1,3 e 3,0 g do material coletado conforme instruções do equipamento. A temperatura de análise foi de 105 °C por um período necessário até a completa secagem da amostra e estabilização do peso, detectado pela balança. A análise de A_w foi realizada com o determinador de atividade de água AquaLab modelo CX-2 utilizando amostras de aproximadamente 1,5 g.

4.9.3.4 Determinação do pH

O pH foi determinado conforme metodologia proposta por Silva (1999) com algumas modificações. A amostra bruta foi diluída em água destilada na razão de 1:10 e homogeneizada através de agitação orbital com rotação de 120 rpm e temperatura ambiente por um período de 30 min.

4.7.3.5 Determinação dos açúcares totais

A quantificação dos açúcares totais foi realizada pelo método de Somogyi-Nelson com a amostra previamente digerida para liberação e conversão dos açúcares totais em redutores.

As extração e conversão dos açúcares foi realizada dissolvendo aproximadamente 1 g da amostra em balão volumétrico de fundo chato de 100 ml contendo 50 ml de água destilada e 2 ml de ácido clorídrico concentrado. A amostra foi aquecida em banho-Maria fervente por 20 min e resfriada a temperatura ambiente. Em seguida, o pH foi neutralizado com hidróxido de sódio e o volume ajustado para 100 mL em balão volumétrico.

A concentração dos açúcares, agora convertidos em redutores, foi determinada utilizando 1 mL da amostra digerida e filtrada juntamente com 1 mL da solução de Somogyi. A reação foi aquecida em banho-Maria fervente por um período de 10 min e resfriada a temperatura ambiente. Após, foram adicionados 1 mL do reagente de Nelson e mais 7 mL de água destilada. A absorbância das

amostras foi quantificada no comprimento de onda de 535 nm e a determinação da concentração de açúcares foi determinada contra a curva de calibração de glicose e convertida em concentração de açúcar por grama de matéria seca de composto.

4.7.3.6 Determinação da concentração de ácidos húmicos

A extração e quantificação dos ácidos húmicos foi realizada de acordo com a metodologia proposta pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas, tendo como fundamentação a solubilidade dos ácidos húmicos em diferentes pHs.

As amostras, previamente secas e moídas, foram dissolvidas em água destilada na proporção de 1:10 (sólido:líquido) e o pH ajustado para 1,0 com HCl 6 M. Em seguida, esta suspensão foi deixada sob agitação orbital (120 RPM) em temperatura ambiente por 1 hora e centrifugada por 20 min a 3522 g para precipitação dos ácidos húmicos. O sobrenadante foi descartado e o precipitado contendo os ácidos húmicos ressuspenso em água destilada. Em seguida o pH foi neutralizado com solução de Hidróxido de potássio 6 e 0,1 M. Após, a solução foi deixada sob agitação orbital (120 RMP) em temperatura ambiente por 4 horas e centrifugada a 3522 g por 20 min. O sobrenadante (contendo a fração de ácidos húmicos mais ácidos fúlvicos) foi transferido para um novo tubo de fundo cônico de 50 mL com peso seco conhecido, e acidificado com HCl 6M até pH 1. Esta solução foi deixada em repouso por 16 horas, sendo em seguida, centrifugada por 20 min a 3522 G para precipitação dos ácidos húmicos. O sobrenadante foi descartado e o precipitado, fração de ácidos húmicos, seco (24 horas a 100 °C) e pesado em balança analítica com precisão de 4 casas decimais.

4.7.3.7 Determinação do teor de sólidos voláteis

A quantificação de sólidos voláteis foi realizada pesando-se aproximadamente 1 g da amostra em cadinho de porcelana, previamente tarado, e levada à mufla na temperatura de 550 °C por um período de 2 horas. As cinzas restantes da queima foram resfriadas em dessecador e pesadas em balança de precisão de 4 casas decimais. O teor de sólidos voláteis foi determinado conforme

metodologia descrita por APHA (2000).

$$SV = ST - \text{Cinzas}$$

$$\text{Cinzas} = \{1 - [(PU - PM) / PU]\} \times 100$$

$$ST = 100 - \text{umidade da amostra}$$

SV = Teor de sólidos voláteis em porcentagem;

ST = Teor de sólidos totais em porcentagem;

PU = peso úmido da amostra em gramas;

PM = peso em gramas obtido após a queima da amostra;

4.7.3.8 Determinação da relação carbono/nitrogênio - C/N

A determinação da relação C/N foi realizada através do analisador elementar Flash 2000 da Thermo Scientific. As amostras foram secas a 60 °C por um período de 24 horas e moídas até a obtenção de um fino pó. Após, foram pesadas, em balança analítica específica para o equipamento, entre 2 e 3 mg das amostras em cápsula de estanho e levadas para a análise. Os resultados foram obtidos em porcentagem de cada elemento e a relação C/N calculada através da divisão dos teores de C pelos teores de N.

4.7.3.9 Determinação da Capacidade de Troca Catiônica – CTC

A CTC foi realizada conforme indicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2007) através do Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos. Amostras com peso conhecido foram lavadas em frascos tipo erlenmeyer contendo 100 ml de solução de ácido clorídrico 0,5M por 30 min sob agitação de 50 RPM. As amostras foram filtradas e lavadas sob filtração com 250 ml de água destilada, sendo o filtrado descartado ao final do processo. O material retido no filtro foi lavado com 100 ml de uma solução de acetato de cálcio 0,5 M sob filtração com vácuo reduzido em um novo kitassato e, em seguida, lavado com 200 ml de água destilada sob filtração moderada. O filtrado foi titulado com solução de hidróxido de sódio 0,1 M padronizado e empregando solução de

fenolftaleína como indicador.

Os valores de CTC após a titulação foram obtidos através da fórmula abaixo.

$$\text{CTC (mmol/kg)} = \frac{1000M (V_A - V_B)}{G}$$

Onde:

V_A = Volume de NaOH 0,1M gasto na titulação da amostra, em mL.

V_B = Volume médio de NaOH 0,1 M gasto na titulação das provas em branco, em mL

G = Massa da amostra, em grama

M = Concentração molar da solução de NaOH padronizada.

4.7.3.10 Determinação da concentração de Fósforo (H_2PO_4^-) solúvel em água

O teor de fósforo na forma H_2PO_4^- foi determinado através do método espectrofotométrico com azul de molibdênio, conforme descrito no Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes (SILVA, 1999). Foram necessárias modificações na etapa de extração.

O fósforo solúvel em água foi determinado através da dissolução de 0,5 g de amostra bruta, com a umidade conhecida, em 50 ml de água destilada. A solução foi deixada sob agitação por 1 hora a 120 rpm em temperatura ambiente e, em seguida, filtrada em filtro confeccionado com algodão hidrofílico seguido da centrifugação em tubo tipo eppendorf de 1,5 mL a 10000 rpm por 5 min. A amostra após centrifugação foi transferida para novo tubo de 1,5 mL e congelada até a realização da análise.

A quantificação do fósforo foi realizada adicionando-se, em tubo de ensaio, 2,5 mL da amostra diluída juntamente com 5 mL da solução diluída de molibdato. Após, foi acrescentada uma pitada de ácido ascórbico seguida da homogeneização da amostra e repouso por 30 min. Após o tempo necessário a absorbância foi lida em espectrofotômetro no comprimento de onda de 660 nm. A concentração de fósforo foi calculada com base na curva padrão e em seguida convertida para porcentagem em relação a massa seca de composto.

4.7.3.11 Determinação da concentração de K⁺ solúvel em água

A quantificação do elemento K⁺ foi realizada através do cromatógrafo de íons Compac IC 761 com detector Bioscan 817 da Metrohm. A extração dos minerais da amostra foi realizada conforme metodologia descrita no item 4.7.3.9, porém com a filtração da amostra em filtro com porosidade de 0,22 µm. Os resultados foram obtidos em mg de K⁺ por ml de amostra e convertidos em mg de Na/K por g de massa seca de composto.

4.8 AVALIAÇÃO DO COMPOSTO ORGÂNICO NA ACLIMATIZAÇÃO DE BROMÉLIAS DA ESPÉCIE *NIDULARIUM INNOCENTII* LEM.

O teste de aclimatização de plântulas da espécie *Nidularium innocentii* foi realizado avaliando-se o desenvolvimento das plantas após a transferência das mesmas do meio *in vitro* para o *ex vitro*.

4.8.1 Estabelecimento e multiplicação *in vitro*

Primeiramente, sementes de *Nidularium innocentii* Lem. foram desinfetadas pela imersão em etanol 70% durante um minuto, seguido por imersão em hipoclorito de sódio (NaOCl, 1%) durante 20 min e três enxagues em água destilada autoclavada. Em seguida, as sementes foram acondicionadas em frascos contendo o meio de germinação MS, proposto por Murashige e Skoog (1962) autolavado por 21 min (1atm, 121 °C).

Após o desenvolvimento, as plântulas foram multiplicadas em *in vitro* em meio MS com pH ajustado para 5,8 e suplementado com 30 g.l⁻¹ de sacarose, 2 µM de ANA (ácido naftaleno acético), 4 µM de BAP (6-benzilaminopurina) e solidificado com 6 g.l⁻¹ de ágar. As culturas foram mantidas em sala aclimatadas com temperatura controlada (25 ± 2 °C) e fotoperíodo de 16horas com luz fluorescente branca (28 µM m⁻² s⁻¹).

4.8.2 Aclimatização em diferentes substratos

A aclimatização foi realizada transferindo-se as plântulas *in vitro* para

bandejas em EPS com 128 poços contendo um volume de aproximadamente 60 cm³/poço e acondicionadas em casa de vegetação com nebulização intermitente por um período de 14 dias. As plântulas foram transferidas para outra casa de vegetação sem nebulização onde permaneceram durante 40 dias com regas manuais diárias. Os substratos escolhidos (Tabela 4) foram os fertilizantes orgânicos resultantes dos experimentos realizados conforme o item 4.7.2, sendo escolhidos os compostos resultantes do experimento 1 (compostagem convencional), o composto resultante do experimento 5 (compostagem acelerada) que apresentou as melhores características físico-químicas e o substrato padrão Plantmax HTTM utilizado como referência.

TABELA 4 – TRATAMENTOS ESCOLHIDOS PARA A ACLIMATIZAÇÃO DAS MUDAS DE BROMÉLIA *NIDULARIUM INNOCENTII*.

Tratamento	Descrição
1	Plantmax HT TM – 100%
2	Cama de Frango - 100%
3	Plantmax HT TM : Cama de Frango (1:1 v/v)
4	Composto 1 - 100%
5	Plantmax HT TM : Composto 1 (1:1 v/v),
6	Composto 5 – 100%
7	Plantmax HT TM : Composto 5 (1:1 v/v).

Após o tempo de adaptação, as plantas foram avaliadas quanto à altura da parte aérea (PA), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MPA), massa fresca das raízes (MFR), massa fresca total (MFT), percentagem de brotos laterais (B%), número médio de brotos laterais (NB), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea pela massa seca das raízes (PA/R) além da percentagem de sobrevivência (S%). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com cinco repetições de cinco plântulas. Os dados tiveram sua normalidade avaliada pelo teste de Lilliefors e submetidos a análise de variância (ANOVA) seguida pelo teste de Scott-Knott (P<0,05). Os dados oriundos de contagem foram transformados para $\sqrt{x+0,5}$ e os de percentagem para arcoseno $\sqrt{x/100}$. Todas as análises estatísticas foram realizadas seguindo os procedimentos do software GENES (Cruz, 2001).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 AVALIAÇÃO DA DIVERSIDADE MICROBIOLÓGICA DA CAMA DE FRANGO

Nos testes de avaliações e pesquisa da microflora natural da cama de frango foi possível identificar baixa diversidade de microrganismos no material, crescidos nas condições do experimento (tabela 5).

TABELA 5 – NÚMERO DE MICRORGANISMOS ISOLADOS DA CAMA DE FRANGO

<i>Tipo de Microrganismo</i>	<i>Número de isolados</i>	<i>Observação</i>
Leveduras	2	
Fungos	3	-----
Bactérias	7	Gram-Negativas 2 Gram-Positivas 5

Microrganismos isolados em meio Agar-nutriente e Agar-Dextrose-Batata com amostras de 0,5 g de cama de frango diluídas sucessivamente (utilizada 10⁻⁷) em solução salina 0,85%. Placas incubadas a 28 e 37 °C até o crescimento do maior número de microrganismos sem a sobreposição dos mesmos.

A reduzida diversidade microbiológica encontrada na cama de frango pode ser explicada pelos cuidados com o controle microbiológico durante a produção de frangos de corte. Entre estes cuidados, encontra-se a aplicação de diversas substâncias como o hidróxido de cálcio (SINGH *et al.*, 1990), sulfato de alumínio (MOORE Jr. *et al.*, 1995), bissulfato de sódio (POPE E CHERRY, 2000), gesso agrícola (PROCHONOW *et al.*, 2001) e em alguns casos o controle biológico através de microrganismos da espécie *Bacillus subtilis* (BRITO E TAGLIARI, 2007). Estas substâncias possuem a função bactericida e bacteriostática, sendo que a eficiência da aplicação irá depender da concentração utilizada para cada substância e do número de reutilizações da cama de frango.

Outra característica que pode ter influenciado na baixa diversidade microbiológica foi a presença de substâncias tóxicas, tais como a amônia, proveniente dos excrementos das aves, e de substâncias provenientes da serragem utilizada para compor a cama de frango. Entre estas substâncias, encontram-se os compostos fenólicos que entre muitas funções na planta são

responsáveis pela defesa da planta contra herbivoria e infecção de microrganismos (ZUCKER, 1993).

5.2 ISOLAMENTO DOS MICRORGANISMOS PARA UTILIZAÇÃO NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM

Os microrganismos isolados estão apresentados na tabela 6 divididos em 3 grupos conforme local de coleta do material para isolamento e em ordem numérica para identificação dos isolados.

TABELA 6 - MICRORGANISMOS ISOLADOS PARA A ACELERAÇÃO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM.

<i>Local de Coleta</i>	<i>Sigla</i>	<i>Tipo de Microrganismo</i>
Não antropizado	MPC 1	Bactéria
	MPC 2	Bactéria
	MPC 3	Fungo
	MPC 4	Fungo
	MPC 5	Fungo
	MPC 6	Fungo
	MPC 7	Bactéria
	MPC 8	Bactéria
	MPC 9	Bactéria
Antropizado	MPC 10	Bactéria
	MPC 11	Bactéria
	MPC 12	Bactéria
	MPC 13	Fungo
	MPC 14	Fungo
	MPC 15	Fungo
	MPC 16	Bactéria
	MPC 17	Fungo
	MPC 18	Bactéria
Criatório não comercial de frangos	MPC 19	Bactéria
	MPC 20	Bactéria
	MPC 21	Bactéria
	MPC 22	Fungo
	MPC 23	Fungo
	MPC 24	Fungo
	MPC 25	Bactéria

Microrganismos isolados em meio CF, composto por cama de frango bruta moída (20 g.l⁻¹) e Agar bacteriológico (15 g.l⁻¹) com amostras de 0,5 g diluídas em solução salina 0,85%. Microrganismos incubados para crescimento por 20 horas e 3 dias nas temperaturas de 37 e 28 °C respectivamente. As amostras utilizadas foram para os locais antropizados e não antropizados foram serra pilheira, solo e vegetação em estado avançado de apodrecimento.

A técnica de isolamento de microrganismos em meios que contenham o

poluente ou material que se deseja degradar vem sendo utilizada por diversos pesquisadores, entre eles pode-se citar Avanzi e colaboradores (2009) que se utilizaram desta técnica para o isolamento de microrganismos capazes de degradar fenol. Outros exemplos da utilização desta técnica é no trabalho realizado por Souza e colaboradores (2005) com o isolamento de microrganismos degradadores de derivados de petróleo, além do isolamento de microrganismos capazes de degradar polifenóis (MACHADO, 2005). Esta técnica possui como fundamento a restrição do crescimento de grande parte dos microrganismos pela presença de uma fonte específica de carbono, como no caso da cama de frango a celulose, resina vegetal entre outros compostos. Além da restrição de nutrientes, o meio CF apresentou um nível de toxicidade uma vez que o mesmo possui compostos tóxicos presentes na serragem, além do pH que pode variar entre 8 a 9,5 dependendo da composição da cama (OLIVEIRA *et al.*, 2003; NÄÄS *et al.*, 2007; FUKAYAMA, 2008). Desta forma, somente os microrganismos capazes de consumir os nutrientes presentes na cama de frango e sobreviver nessas condições adversas se desenvolveram no meio proposto.

5.3 AVALIAÇÃO DOS MICRORGANISMOS ISOLADOS QUANTO AO CRESCIMENTO NA CAMA DE FRANGO E RESISTÊNCIA TÉRMICA

Após o isolamento, os microrganismos foram testados separadamente quanto ao crescimento na cama de frango conforme metodologia proposta no item 4.3.2. Na tabela 7 encontram-se os resultados após o crescimento dos microrganismos no meio CF proposto. Após crescimento por 20 horas a 37 °C para as culturas bacterianas e 28 °C por um período de 3 dias para as culturas fúngicas.

TABELA 7 – AVALIAÇÃO DOS MICRORGANISMOS ISOLADOS QUANTO AO CRESCIMENTO NA CAMA DE FRANGO EM ESTADO BRUTO

<i>Microorganismos</i>	<i>Tipo de microorganismo</i>	<i>Média de Absorbância/diâmetro da colônia</i>	
MPC 1	Bactéria	0,321	Absorbância
MPC 2	Bactéria	0,763	
MPC 7	Bactéria	0,647	
MPC 8	Bactéria	0,656	
MPC 9	Bactéria	0,420	
MPC 10	Bactéria	0,647	
MPC 11	Bactéria	0,380	
MPC 12	Bactéria	0,652	
MPC 16	Bactéria	0,225	
MPC 18	Bactéria	0,349	
MPC 19	Bactéria	0,527	
MPC 20	Bactéria	0,133	
MPC 21	Bactéria	0,282	
MPC 25	Bactéria	0,634	
MPC 3	Fungo	3,46	
MPC 4	Fungo	2,83	
MPC 5	Fungo	2,20	
MPC 6	Fungo	1,90	
MPC 13	Fungo	2,83	
MPC 14	Fungo	4,10	
MPC 15	Fungo	2,40	
MPC 17	Fungo	2,30	
MPC 22	Fungo	1,70	
MPC 23	Fungo	5,03	
MPC 24	Fungo	3,63	

Em destaque os microrganismos que se sobressaíram em relação aos demais ao final do período de crescimento.

O crescimento diferenciado para os microrganismos isolados pode ser explicado pela resistência aos compostos tóxicos e pela possibilidade de usar a fonte de nutrientes provenientes da cama de frango. Uma vez que, a cama de frango possui uma concentração de açúcar livre muito baixa, os microrganismos avaliados teriam que ser capazes de degradar compostos como a celulose e o amido, este último proveniente da ração fornecida aos frangos. Desta forma, diferenças na produção de enzimas ou nas atividades específicas podem ter proporcionado as diferenças no crescimento dos microrganismos durante o teste.

Após a avaliação do desenvolvimento dos microrganismos na cama de frango os mesmos foram submetidos ao teste de resistência térmica e crescimento na faixa de temperatura termófila. Na tabela 8 é possível observar a diminuição do crescimento microbiológico com o incremento da temperatura.

TABELA 8 – AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO MICROBIANO EM DIFERENTES FAIXAS DE TEMPERATURA POR UM PERÍODO DE 20 HORAS PARA AS CULTURAS BACTERIANAS E 3 DIAS PARA AS CULTURAS FÚNGICAS.

<i>Microrganismos</i>	<i>Tipo de microrganismo</i>	<i>Média absorbância/diâmetro das colônias fúngicas nas Temperaturas °C</i>			
		<i>30</i>	<i>40</i>	<i>50</i>	<i>60</i>
MPC 1	Bactéria	0,311	0,321	0,000	0,000
MPC 2	Bactéria	0,630	0,656	0,000	0,000
MPC 7	Bactéria	0,591	0,642	0,088	0,033
MPC 8	Bactéria	0,652	0,648	0,000	0,000
MPC 9	Bactéria	0,404	0,419	0,081	0,000
MPC 10	Bactéria	0,605	0,639	0,053	0,000
MPC 11	Bactéria	0,317	0,387	0,000	0,000
MPC 12	Bactéria	0,626	0,639	0,085	0,007
MPC 16	Bactéria	0,217	0,221	0,000	0,000
MPC 18	Bactéria	0,324	0,336	0,000	0,000
MPC 19	Bactéria	0,617	0,628	0,000	0,000
MPC 20	Bactéria	0,105	0,154	0,028	0,004
MPC 21	Bactéria	0,265	0,272	0,069	0,000
MPC 25	Bactéria	0,631	0,645	0,000	0,000
MPC 3	Fungo	3,2	2,7	0,5	0,1
MPC 4	Fungo	2,7	2,1	0,3	0,0
MPC 5	Fungo	2,0	1,5	0,0	0,0
MPC 6	Fungo	1,6	1,4	0,0	0,0
MPC 13	Fungo	2,7	2,3	0,0	0,0
MPC 14	Fungo	4,0	3,5	0,1	0,0
MPC 15	Fungo	2,3	2,0	0,0	0,0
MPC 17	Fungo	2,1	2,5	0,0	0,0
MPC 22	Fungo	1,6	1,3	0,2	0,0
MPC 23	Fungo	5,1	4,6	0,3	0,1
MPC 24	Fungo	3,4	3,1	0,4	0,1

Em destaque organismos que tiveram crescimento superior em relação demais microrganismos testados nas temperaturas de 50 e 60 °C.

Esta análise foi necessária porque durante o processo de compostagem ocorre o aumento da temperatura e a mesma pode ser superior a 60 °C (KIEHL, 2002). A partir dos resultados obtidos é possível observar que os microrganismos denominados de MPC 7, 9, 10, 12, 20, 21, 3, 4, 14, 22, 23, 24 foram capazes de crescer em 50 °C. Porém, somente os microrganismos MPC 7, MPC 12, MPC 20, MPC 3, MPC 23 e MPC 24 foram capazes de crescer em 60 °C. Estes microrganismos termorresistentes são essenciais para o desenvolvimento da compostagem, uma vez que na fase termófila os microrganismos mesófilos morrem pelo aumento da temperatura (PEIXOTO, 1988; NAKSAKI *et al.*, 2005). Contudo, os microrganismos restantes são responsáveis pela degradação do material durante esta fase, sendo que as

bactérias degradam os lipídeos e as frações de hemicelulose, enquanto que a celulose e a lignina são decompostas pelos fungos (Kiehl, 1998).

Após a avaliação do crescimento na faixa termófila os microrganismos foram avaliados quanto à resistência ao estresse térmico conforme descrito no item 4.3.3. verificando o seu crescimento a 28 e 30 °C após submetê-los à temperatura de 60 °C. Na tabela 9 encontram-se os resultados para a avaliação da resistência dos microrganismos quando expostos a um determinado tempo a temperatura de 60 °C. Através dos dados foi possível observar que grande parte dos microrganismos isolados possuiu certa resistência a temperatura elevada, porém quando submetidos às condições normais de temperatura após o teste os mesmos se desenvolveram menos em relação às condições iniciais.

TABELA 9 – VALORES DO CRESCIMENTO MICROBIANO NA TEMPERATURA DE 28-30 °C APÓS EXPOSIÇÃO DAS CULTURAS A TEMPERATURA DE 60 °C.

<i>Microrganismo</i>	<i>Tipo de Microrganismo</i>	<i>Média absorvância/diâmetro após exposição</i>	
MPC 1	Bactéria	0,001	Absorvância
MPC 2	Bactéria	0,086	
MPC 7	Bactéria	0,074	
MPC 8	Bactéria	0,000	
MPC 9	Bactéria	0,013	
MPC 10	Bactéria	0,123	
MPC 11	Bactéria	0,000	
MPC 12	Bactéria	0,068	
MPC 16	Bactéria	0,000	
MPC 18	Bactéria	0,003	
MPC 19	Bactéria	0,001	
MPC 20	Bactéria	0,032	
MPC 21	Bactéria	0,057	
MPC 25	Bactéria	0,173	
MPC 3	Fungo	1,8	
MPC 4	Fungo	0,8	
MPC 5	Fungo	0,0	
MPC 6	Fungo	0,0	
MPC 13	Fungo	0,2	
MPC 14	Fungo	2,4	
MPC 15	Fungo	1,4	
MPC 17	Fungo	0,0	
MPC 22	Fungo	0,2	
MPC 23	Fungo	2,4	
MPC 24	Fungo	1,3	

Isolados que possuíram superior desenvolvimento em relação aos demais estão mostrados em destaque.

Através dos resultados obtidos foram selecionados os microrganismos com as melhores características para se aplicar na compostagem da cama de frango. Na tabela 3 estão listados os microrganismos que foram utilizados nos ensaios de compostagem conforme o item 4.7.2.

5.4 CORRELAÇÃO DA ADIÇÃO DE ÁGUA NO SUBSTRATO E OS VALORES DE UMIDADE E ATIVIDADE DE ÁGUA (A_w)

Na figura 12 estão indicados os valores de umidade e A_w conforme a adição de água na cama de frango. Com a adição de água a cama de frango pode-se observar um incremento constante na umidade e A_w . Porém, a adição de quantidades superiores a 3,5 ml de água em 5 g de material bruto deixaram o substrato com característica pastosa possibilitando zonas de anaerobiose. Desta forma, foi escolhida a proporção de 3,5 ml de líquido para 5 g de cama de frango bruta para a realização dos ensaios de compostagem. Esta proporção atendeu as características necessárias para o processo de compostagem uma vez que, a umidade ficou entre 55 e 60% e a atividade de água em aproximadamente 0,980.

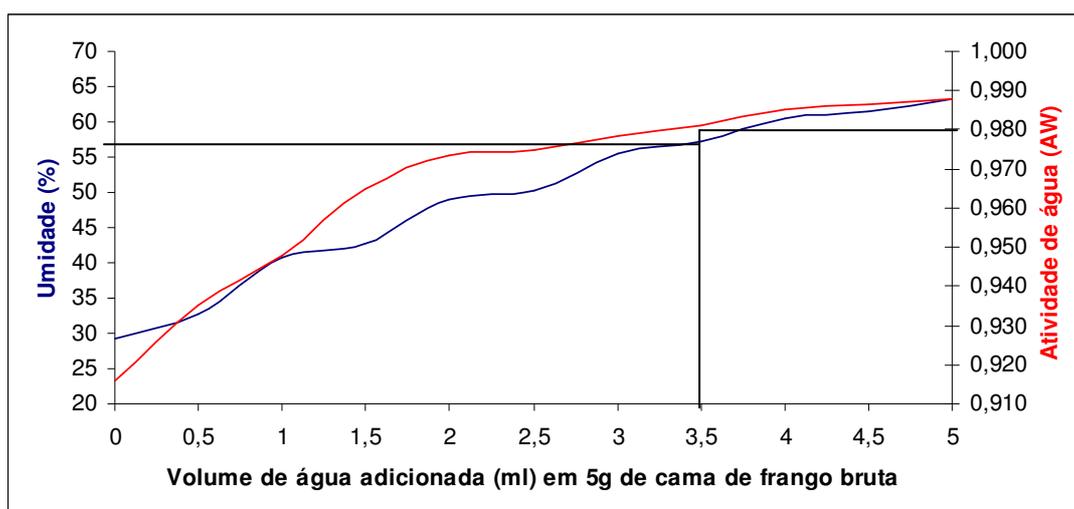


FIGURA 12 – RELAÇÃO UMIDADE (%) E A_w CONFORME A ADIÇÃO DE ÁGUA A CAMA DE FRANGO. ENSAIO REALIZADO EM TRIPLICATA PARA CADA CONDIÇÃO UTILIZANDO CAMA DE FRANGO SEM PRÉVIO TRATAMENTO E ÁGUA DESTILADA.

5.5 AVALIAÇÃO DA VAZÃO DE AR NECESSÁRIA DURANTE O PROCESSO DE COMPOSTAGEM

Na figura 13 é possível observar o padrão de temperatura para cada vazão de ar durante os quinze primeiros dias de compostagem.

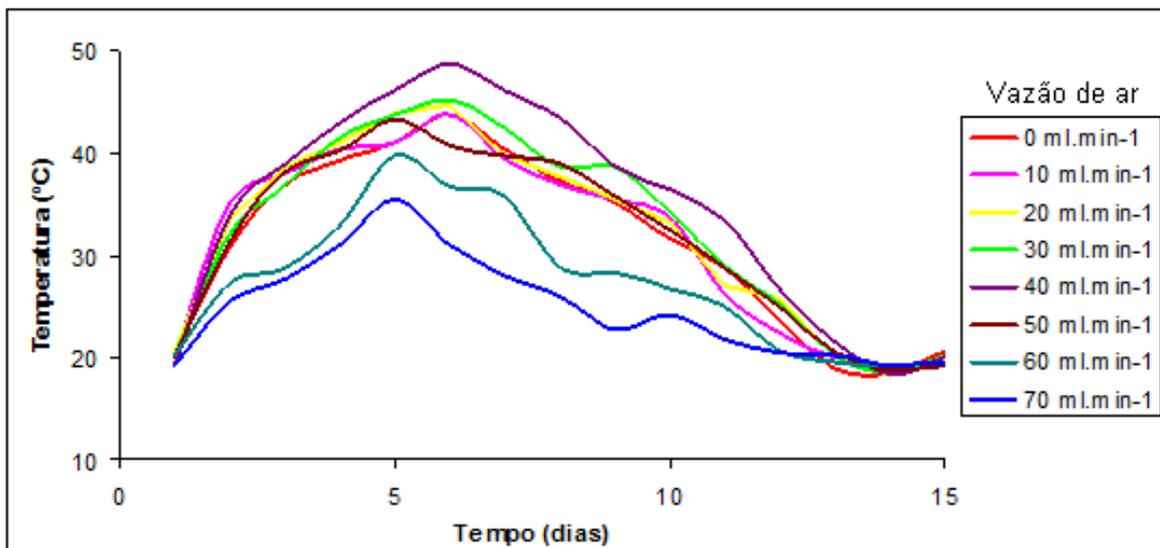


FIGURA 13 – PERFIL DE TEMPERATURA COM DIFERENTES VAZÕES DE AR EMPREGADAS NO SISTEMA DE COMPOSTAGEM PROPOSTO

Após os testes foi possível identificar que para valores de vazão de ar superiores a 40 ml.m^{-1} houve uma queda significativa da temperatura, entretanto para valores inferiores a este ocorreu a produção de menor quantidade de calor. Este fato deve-se, provavelmente, a menor quantidade de oxigênio fornecido para o sistema, uma vez que o aumento da temperatura está diretamente ligado ao metabolismo microbiano e este necessita da concentração adequada de oxigênio para o desenvolvimento (KIEHL, 2004; IMBEAH, 1998).

Durante o processo de decomposição da matéria orgânica em um processo de compostagem a aeração é o fator mais importante (PEIXOTO, 1988). A aeração é o principal mecanismo para evitar altas temperaturas durante a fase termófila, aumentar a velocidade de oxidação do material, reduzir a liberação de odores desagradáveis além de reduzir o excesso de umidade do material em decomposição (PEREIRA NETO, 2004; KIEHL, 2004). Sendo assim, a aeração é uma ferramenta para o controle da temperatura no processo de compostagem, entretanto a aeração deve ser muito bem

controlada uma vez que vazões excessivas de ar podem fazer com que a perda de calor seja mais intensa do que a produção de calor microbiano (LAU *et al.*, 1992). Desta forma, foi determinado como vazão ideal a de 40 ml.min⁻¹ para se utilizar no sistema de compostagem, pois a aeração que permitiu se atingir a maior temperatura.

5.6 ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM

Os resultados a seguir são referentes aos diferentes ensaios de compostagem realizados conforme o item 4.7.3.

5.6.1 Avaliação da temperatura em função do tempo de compostagem

De acordo com Kiehl (1998) a temperatura pode ser utilizada como indicativo do início do processo de compostagem, uma vez que este é o primeiro parâmetro a sofrer modificação. Muitos autores consideram a variação da temperatura como o melhor indicador de eficiência do processo de compostagem (KIEHL, 2002; LI *et al.*, 2008).

Segundo Pereira Neto e Azevedo (1990) se as condições de umidade, pH e nutrientes estiverem adequadas ao processo a temperatura do sistema deverá atingir valores entre 40 e 60 °C do segundo ao quarto dia de compostagem. Paiva (2008) conseguiu temperaturas acima dos 80 °C no processo de compostagem de carcaças de frango pelo sistema de composteira. Costa e colaboradores (2009) obtiveram temperaturas acima dos 70 °C na compostagem de resíduos sólidos de frigorífico pelo sistema de leiras reviradas. Porém, em processos de compostagem em que passaram por temperaturas acima de 65 °C a atividade microbiana foi diminuída e em processos com temperaturas acima de 70 °C a atividade microbiana foi interrompida (KUBE, 2002). Na figura 14 pode-se observar a variação da temperatura para os diferentes tratamentos realizados nos ensaios de compostagem. Através dos resultados obtidos foi possível observar o incremento da temperatura com valores chegando próximos a 50 °C.

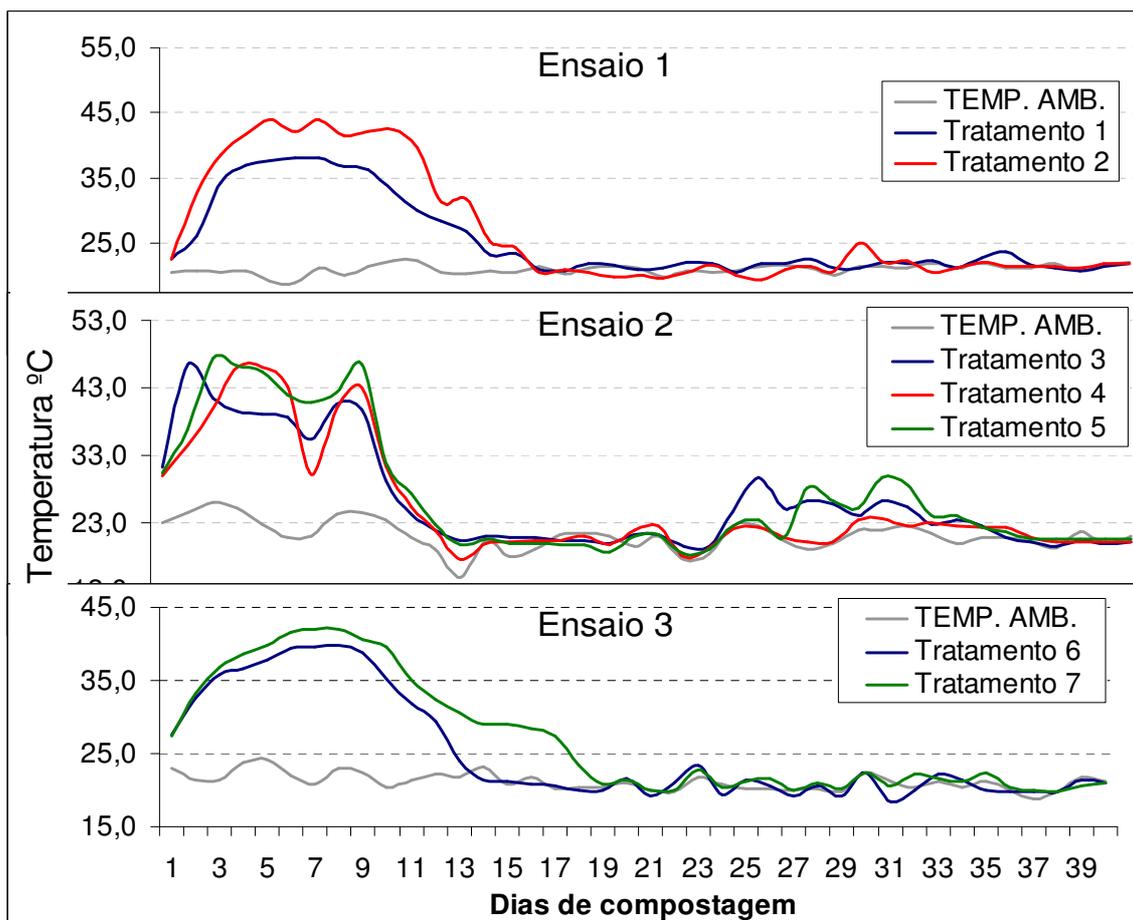


FIGURA 14 – PERFIL DE TEMPERATURA PARA OS DIFERENTES ENSAIOS DE COMPOSTAGEM.

No tratamento 1 (Ensaio 1 – Figura 14) de compostagem convencional da cama de frango e no tratamento 6 (Ensaio 3 – Figura 14) de compostagem convencional adicionado de vinhaça as temperaturas foram ligeiramente inferiores a 40 °C. As baixas temperaturas evidenciadas nestes dois experimentos ocorreram devido a uma possível baixa atividade microbológica, uma vez que o aumento da temperatura é diretamente proporcional a atividade microbológica (MILLER, 1992) e estes experimentos ocorreram sem adição de microrganismos (inoculação). As baixas temperaturas do tratamento 2 (Ensaio 1 - Figura 14), realizado com doze microrganismos diferentes, podem ser explicadas pela escolha dos microrganismos que não possuíram a capacidade de degradar o substrato de forma semelhante aos demais estudos. Nos tratamentos 3, 4 e 5 (Ensaio 2 - Figura 14), realizados com a adição de quatro microrganismos diferentes para cada experimento, foi possível observar os maiores valores de temperatura com picos de aproximadamente 50 °C tendo uma queda próximo ao décimo terceiro dia chegando a temperatura ambiente.

No tratamento 7 (Ensaio 3 - Figura 14), realizado com 4 microrganismos diferentes, foi possível observar a diminuição da temperatura em relação aos tratamentos 3, 4 e 5, que pode ser explicado pela mudança nas características químicas do substrato com a adição da vinhaça. Orrico Júnior e colaboradores (2010) obtiveram resultados semelhantes durante a compostagem de carcaças de aves e cama de frango. Igualmente, Zago e colaboradores (2008) obtiveram temperaturas próximas a 60 °C durante a compostagem de cama de frango juntamente com resíduo de farinha de mandioca.

5.6.2 Avaliação da umidade e AW

Durante os experimentos foi possível identificar que os reatores possibilitaram a manutenção da umidade no interior da massa compostada, uma vez que durante todo o período de compostagem a umidade se manteve entre 50 e 60% para todos os tratamentos (figura 15). Ao final do processo todos os compostos apresentaram umidade coerente conforme o indicado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento através do decreto nº 4.954 de 14 de janeiro de 2004 (BRASIL, 2004).

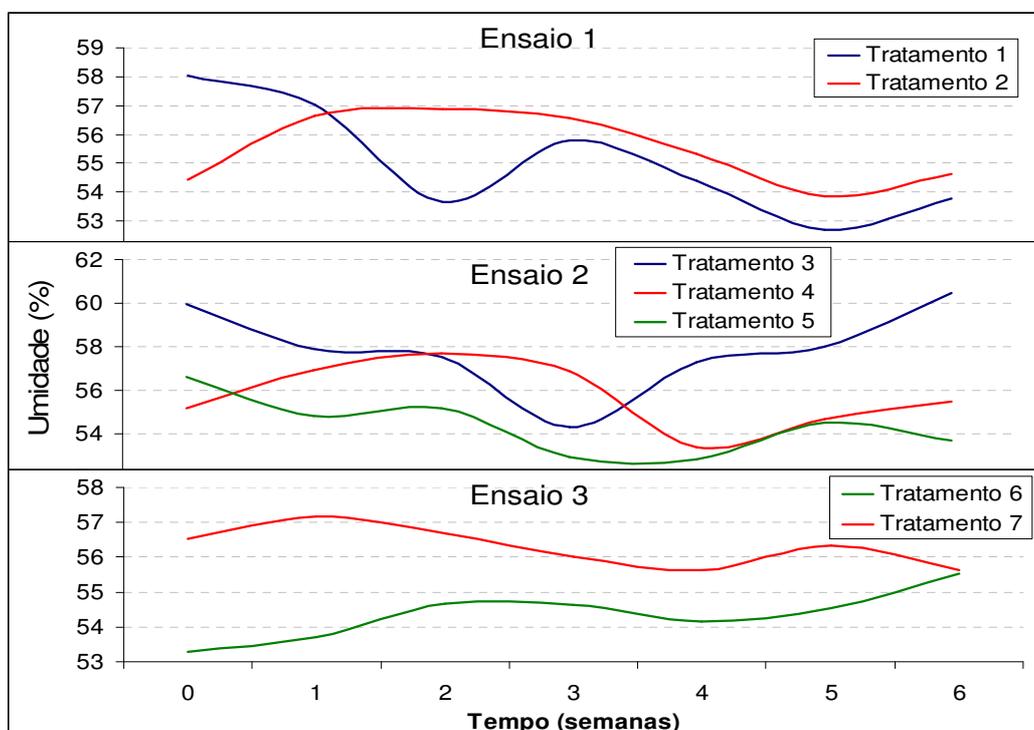


FIGURA 15 – VARIAÇÃO DA UMIDADE (%) DURANTE OS DIFERENTES ENSAIOS DE COMPOSTAGEM.

Em um estudo realizado por Tiquia e colaboradores (1996) na avaliação da umidade durante a compostagem de cama de suínos, os autores puderam observar que teores de 50 e 60% proporcionaram atividade microbiológica superior quando comparados com um processo com teor de 70% de umidade. Büttenbender (2004) obteve resultados semelhantes aos apresentados neste trabalho durante a compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos provenientes da coleta seletiva realizada no município de Angelina/SC. Ainda, Sivakumar e colaboradores (2007) identificaram que valores inferiores de umidade de até 40% foram eficientes durante a compostagem de carcaças de frangos.

Para os valores de Aw (figura 16) não foi possível observar grandes variações entre o início e o final dos processos; porém, durante o decorrer dos experimentos foi observado pequenas alterações destes valores. Estas variações não influenciaram o desenvolvimento microbiano, uma vez que valores acima de 0,6 para fungos e 0,9 para bactérias são suficientes para o desenvolvimento dos mesmos (SANTIN, 1996; RODRÍGUEZ LEÓN *et al.*, 2008).

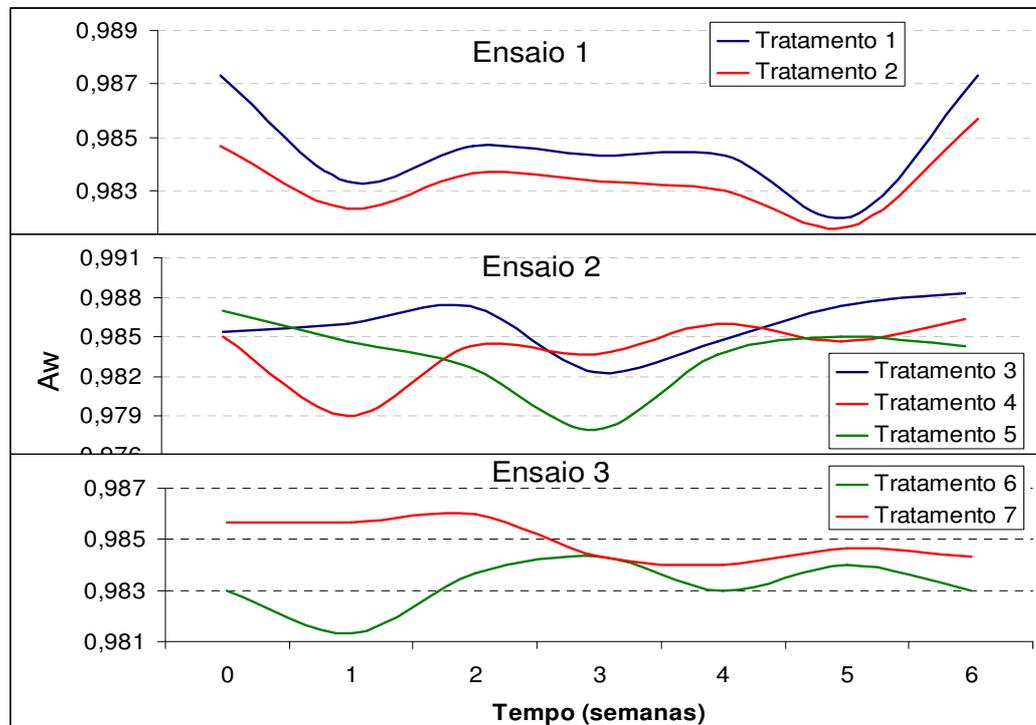


FIGURA 16 – VALORES DE ATIVIDADE DE ÁGUA (Aw) EM FUNÇÃO DO TEMPO PARA OS DIFERENTES ENSAIOS DE COMPOSTAGEM.

A umidade do substrato é um fator de grande importância no processo de compostagem, uma vez que esta é fundamental para atividade microbiológica (PEREIRA NETO, 2004). Durante o processo de compostagem a umidade ideal encontra-se na faixa entre 50 e 60% (BIDDLESTONE E GRAY, 1991; KIEHL, 2004).

Macklin e colaboradores (2006) observaram valores inferiores para a AW de água em relação aos valores apresentados neste trabalho durante o estudo dos níveis bacterianos na compostagem de cama de frango. Em contrapartida, Bloom e Richard (2002) obtiveram valores superiores aos deste trabalho durante o estudo da compostagem de uma mistura de cama de frango com aparas de madeira.

5.6.3 Avaliação da variação do pH em função do tempo de compostagem

O pH pode ser considerado um fator não crítico para o processo de compostagem devido a existência do efeito tampão da massa em compostagem e ainda de diversas reações químicas que se processam durante o tempo (HAUG, 1993).

Os valores iniciais de pH (figura 17) eram básicos exceto para os tratamentos 6 e 7 (Ensaio 3), uma vez que nestes a umidade foi corrigida com vinhaça que possui pH ácido. Os valores de pH básico para os demais experimentos podem ser explicados pela presença de compostos nitrogenados provenientes das excretas das aves.

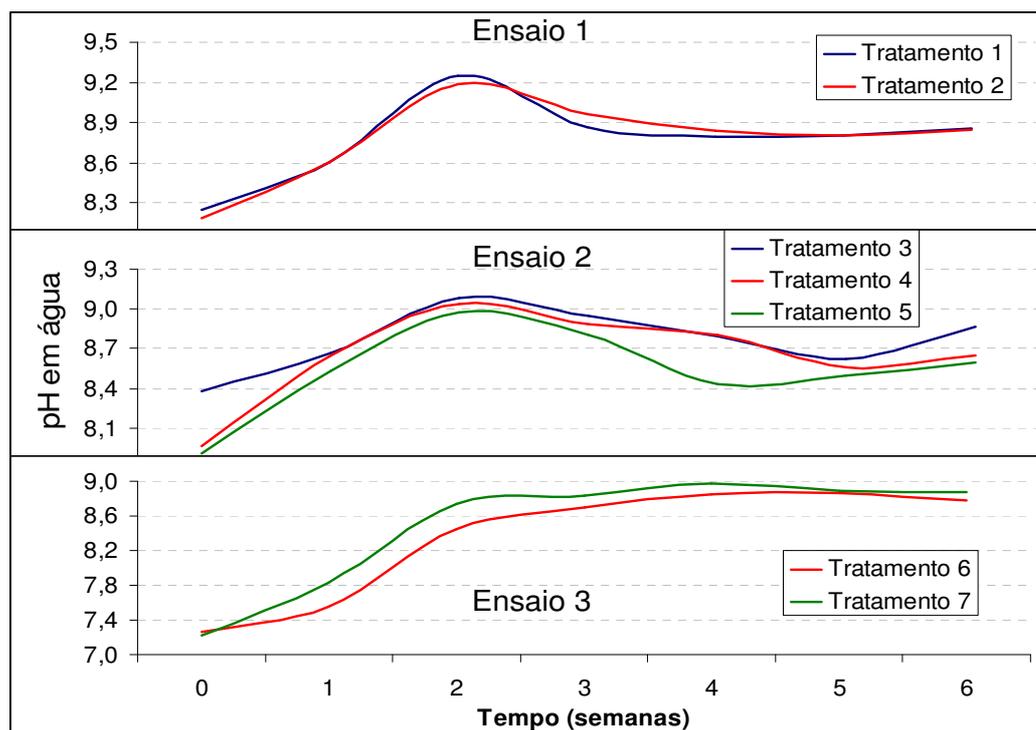


FIGURA 17 – VARIAÇÃO DOS VALORES DE PH EM ÁGUA DURANTE O PROCESSO DE COMPOSTAGEM.

Durante o processo de compostagem foi possível observar o aumento do pH com o passar do tempo, atingindo a faixa de 9,0 a 9,3, depois baixando e tendendo a estabilizar entre 8,6 e 8,9. Este aumento pode ser explicado pela reação de ácidos orgânicos com bases liberadas da matéria orgânica gerando compostos de reação alcalina (SHARMA *et al.*, 1997; DAÍ PRÁ, 2006). Ainda, o aumento do pH é promovido pela formação de ácidos húmicos que reagem com elementos básicos dando origem aos humatos alcalinos, desta forma o pH tende a valores que podem ser superiores a 8,0 (KIEHL, 2004). Outra explicação para o aumento do pH é pela transformação da amônia em amônio com a liberação de hidroxilas que tendem ao aumento do pH (VICTORIA *et al.*, 1992).

Diversos autores obtiveram resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho para os valores de pH. Dentre estes, pode-se citar Paiva (2008) que obteve valores de pH próximos a 9 durante a compostagem de carcaças de frangos e Valente (2008) que observou que o pH manteve-se alcalino durante a compostagem de frangos de corte e cama aviária. Além disto, Pereira Neto (2004) indica que o pH final para o composto pode variar entre 7,5 e 9,0.

5.6.4 Determinação da concentração de açúcares redutores totais presentes no material durante a compostagem

Após o início da compostagem, os primeiros nutrientes a serem consumidos pelos microorganismos são os açúcares e proteínas (KIEHL, 1998). Devido ao consumo destes nutrientes de fácil assimilação juntamente com o desenvolvimento do metabolismo ocorre o incremento da temperatura.

Na figura 18 é possível observar o perfil de consumo dos açúcares totais durante o desenvolver do processo de compostagem.

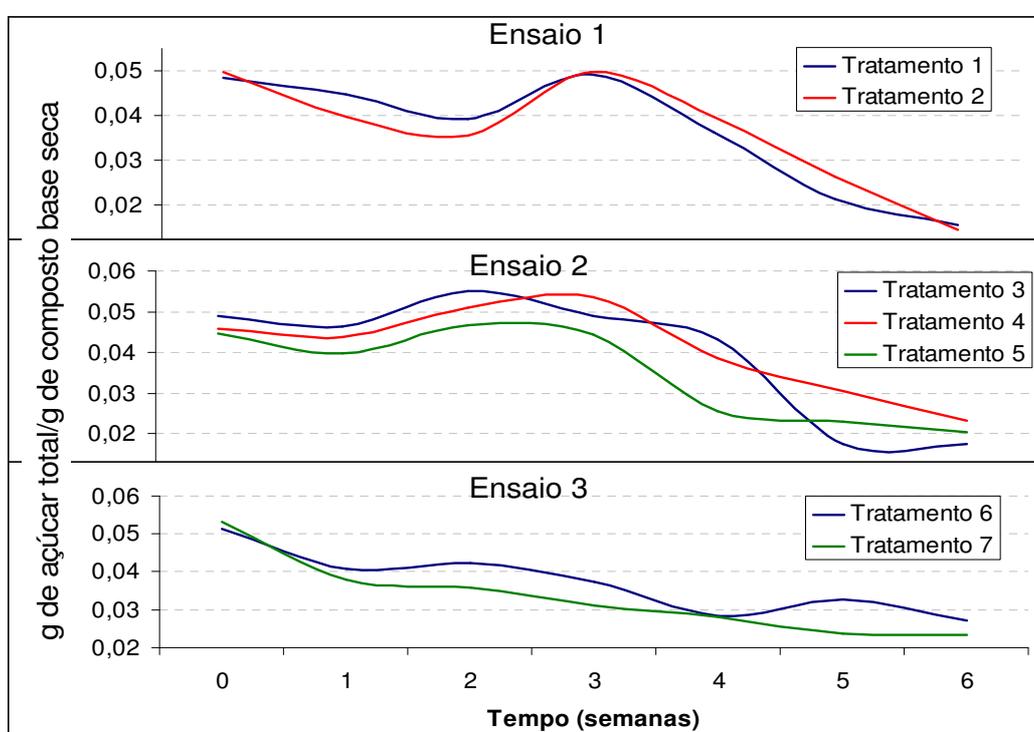


FIGURA 18 – PERFIL DA CONCENTRAÇÃO DE AÇÚCARES REDUTORES TOTAIS NO MATERIAL PARA OS DIFERENTES ENSAIOS. CONCENTRAÇÃO DE AÇÚCARES DADA EM G DE AÇÚCAR TOTAL POR G DE MATÉRIA EM BASE SECA.

É possível identificar, que de uma forma geral, houve a diminuição da concentração dos açúcares durante a compostagem. Ainda, foi possível identificar um incremento na concentração dos açúcares entre a segunda e terceira semana de compostagem, provavelmente devido à liberação de enzimas tais como celulasas e amilases e conseqüentemente a liberação dos açúcares (AZEVEDO, 1993).

5.6.5 Determinação do teor de ácidos húmicos produzidos durante a compostagem

Na figura 19 é possível observar a variação do teor de ácidos húmicos em relação ao tempo de compostagem para os ensaios realizados. Foi possível verificar um incremento da concentração de ácidos húmicos para todos os tratamentos. Porém, foi possível identificar um incremento maior para os tratamentos 3, 4 e 5 (ensaio 2) chegando próximo a dobro dos valores iniciais. Este aumento pode ser explicado pela degradação e conseqüente mineralização do material que foi superior para estes tratamentos em relação aos demais.

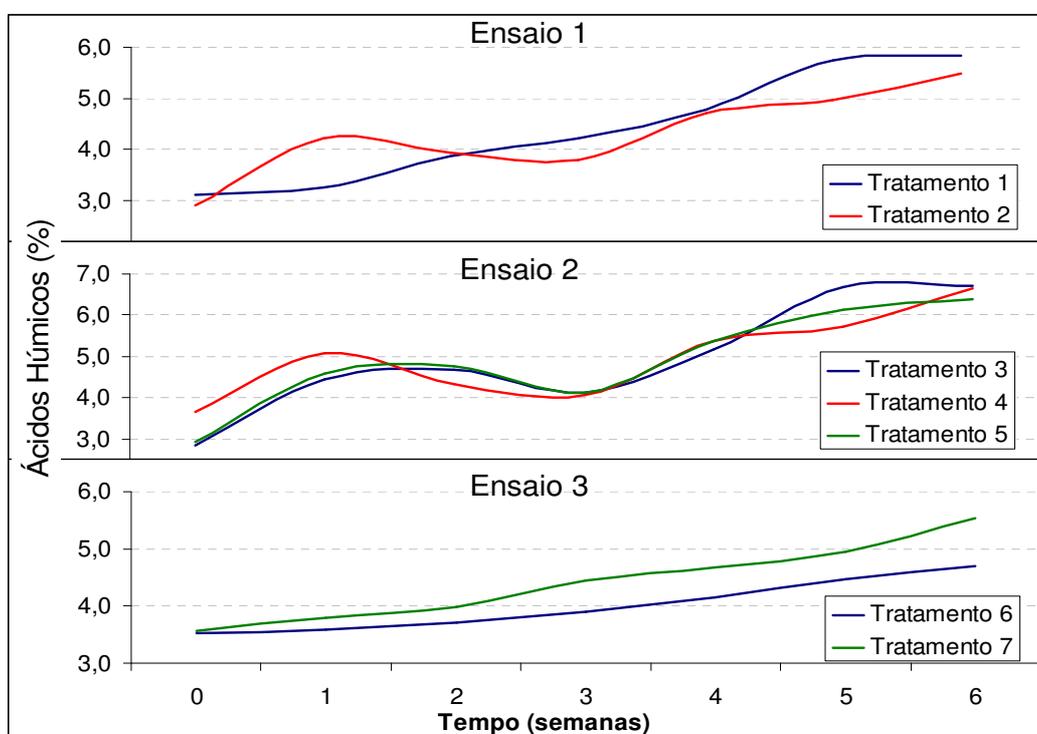


FIGURA 19 - VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS EM RELAÇÃO AO TEMPO PARA OS DIFERENTES ENSAIOS DE COMPOSTAGEM REALIZADOS. VALORES EM PORCENTAGEM (%) EM RELAÇÃO À MASSA SECA DE MATERIAL AMOSTRADO.

Os ácidos húmicos possuem a capacidade de aumentar a fertilidade do solo (FERRARA E BRUNETTI, 2008), desta forma são constituintes essenciais para um fertilizante orgânico. Durante o processo de compostagem a concentração dos mesmos aumenta com o passar do tempo (KIEHL, 1998).

Albrecht (2007) obteve valores inferiores aos apresentados neste

trabalho para os teores de ácidos húmicos durante a compostagem de lodo de uma estação de tratamento de água e efluentes. Neste trabalho o autor obteve valores de 4,4 (+/- 0,7) e 3,1 (+/- 0,5) aos 40 dias de compostagem para diferentes processos de compostagem do mesmo resíduo. Rezende (2005) obteve valores diferentes durante a avaliação de fertilizantes provenientes de dois sistemas de compostagem de resíduos sólidos orgânicos. No primeiro sistema o autor obteve valores próximos a 1,2 % (MS) em um fertilizante produzido a partir de resíduos orgânicos coletados no Complexo Hoteleiro Costa do Sauípe com adição de biocatalisadores. No segundo, o mesmo obteve valores próximos a 0,6 % (MS) em um fertilizante produzido com resíduos orgânicos vegetais coletados na CEASA de Simões Filho, na usina experimental de compostagem no Campus de Ondina da UFBA sem a adição de biocatalisadores.

5.6.6 Avaliação dos sólidos voláteis durante a compostagem

A maturidade do composto pode ser determinada indiretamente através dos valores de sólidos voláteis, uma vez que esta variável é indicativa da matéria orgânica total presente no material (JIMÉNEZ E GARCIA, 1989).

A variação do teor de sólidos voláteis para os ensaios realizados está apresentada na figura 20. É possível observar, de uma forma geral, uma queda nos valores de sólidos voláteis ao longo do tempo, esta queda foi resultante da transformação da matéria orgânica compostável em matéria mineralizada.

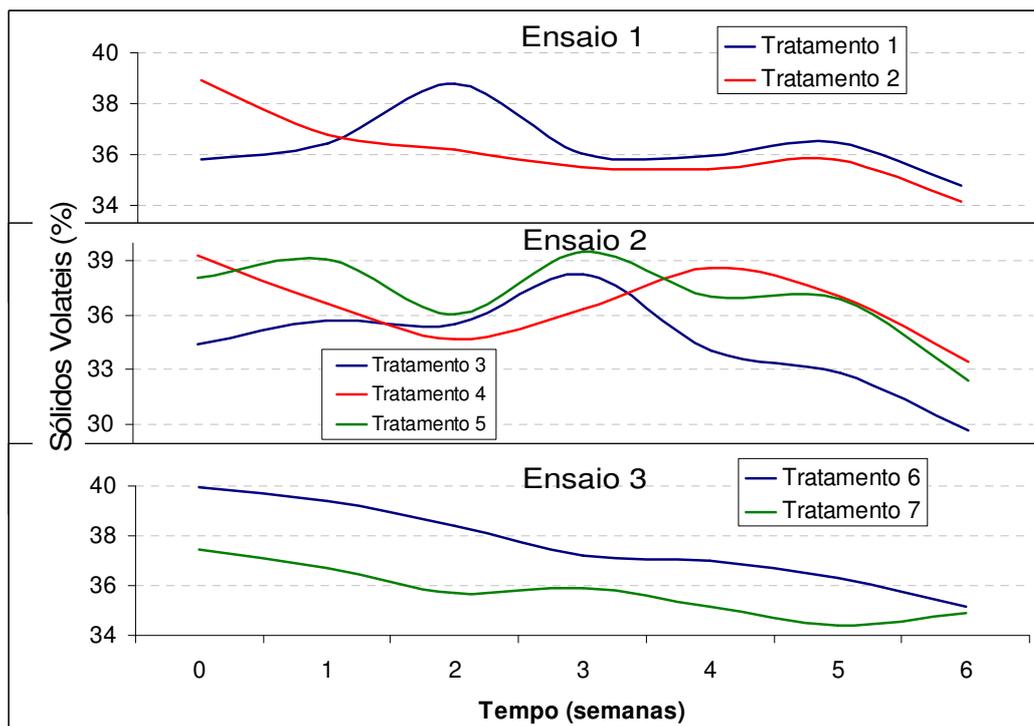


FIGURA 20 – VARIAÇÃO DO TEOR DE SÓLIDOS VOLÁTEIS AO LONGO DO TEMPO DE COMPOSTAGEM.

O decréscimo no teor de sólidos voláteis foi possível observar, também, na compostagem de carcaças de frangos no trabalho realizado por Paiva (2008). No trabalho realizado por Paiva, o autor obteve uma redução no teor de sólidos voláteis de ordem de 22,06% durante todo o período de compostagem, valores estes bem diferentes dos obtidos neste trabalho que são próximos a 10%. Esta diferença nos valores é explicada pelo teor de matéria orgânica presente nos materiais utilizados, uma vez que o substrato utilizado por Paiva foi composto por carcaças de frangos juntamente com a cama de frango e o utilizado neste trabalho foi somente a cama de frango. Em outro trabalho de compostagem Mota e colaboradores (2002) observaram a redução nos valores de sólidos voláteis durante a compostagem de uma mistura de raspas de madeira e aparas de gramas. Neste mesmo trabalho, os autores observaram perfis diferentes no teor de sólidos voláteis quando as misturas apresentavam diferentes proporções entre os substratos utilizados. Além destes trabalhos, pode citar o trabalho realizado por Bruni (2005) que constatou a diminuição da concentração de sólidos voláteis durante a compostagem de lodo de esgoto misturado com poda vegetal.

5.6.7 Relação Carbono/Nitrogênio (C/N) ao longo do tempo

Durante os experimentos de compostagem foi possível observar a diminuição da concentração dos elementos carbono e nitrogênio com o passar do tempo (figuras 21 e 22 respectivamente).

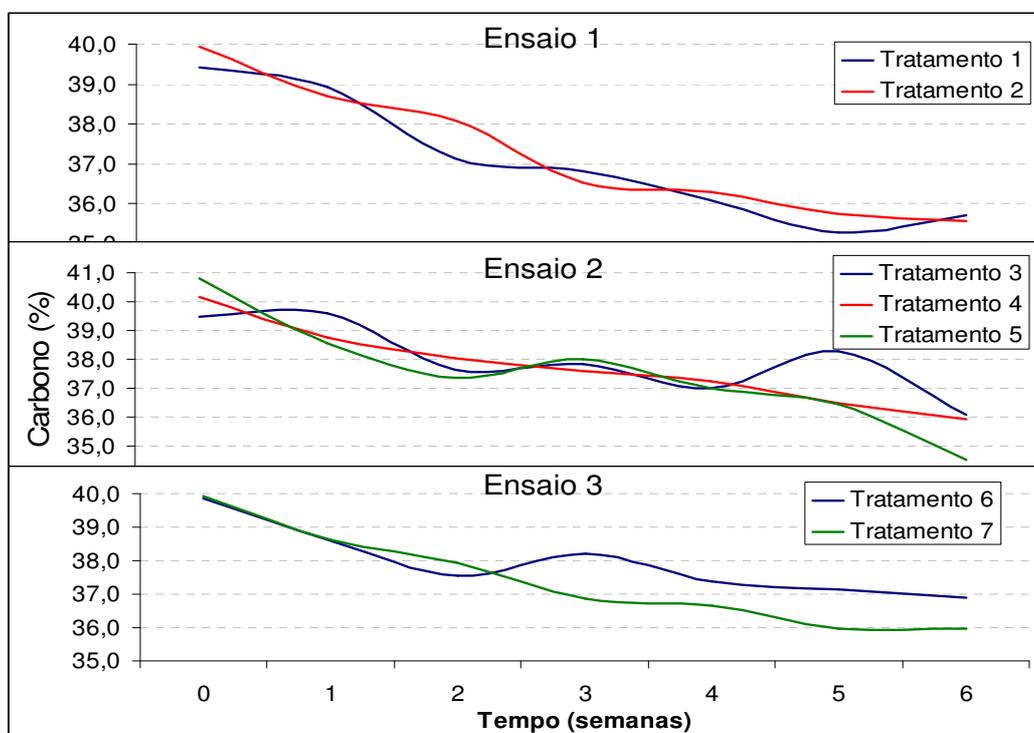


FIGURA 21 – VARIAÇÃO DO TEOR DE CARBONO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE COMPOSTAGEM PARA OS DIFERENTES ENSAIOS REALIZADOS. VALORES DADOS EM PORCENTAGEM DE CARBONO POR MASSA SECA DE AMOSTRA.

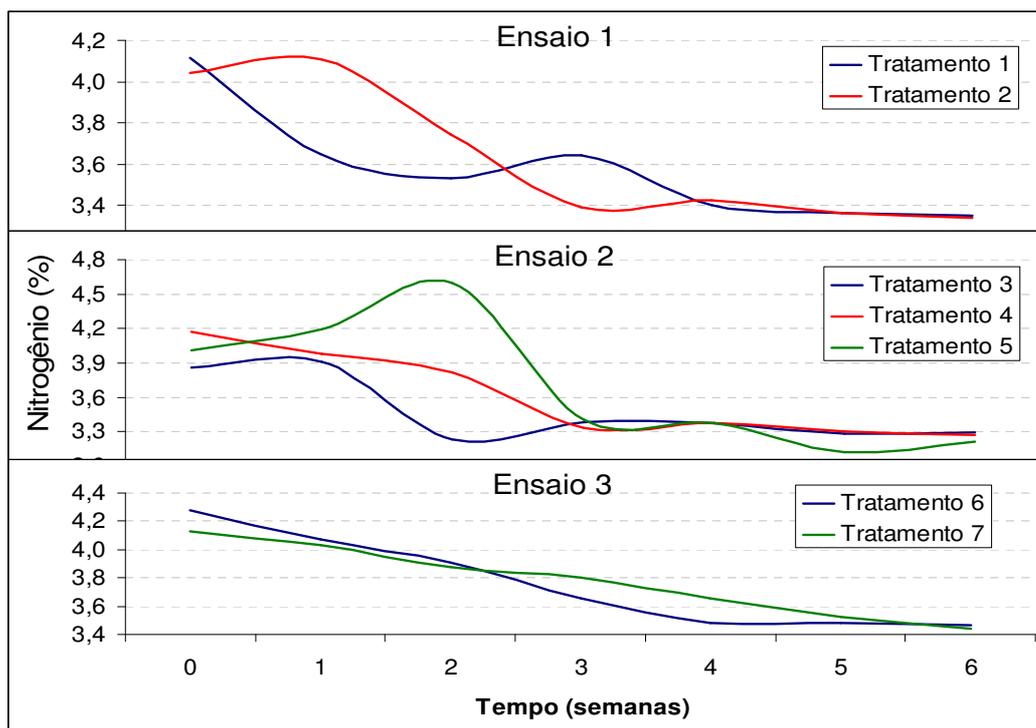


FIGURA 22 – VARIAÇÃO DO TEOR DE CARBONO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE COMPOSTAGEM PARA OS DIFERENTES ENSAIOS REALIZADOS. VALORES DADOS EM PORCENTAGEM DE CARBONO POR MASSA SECA DE AMOSTRA.

Na figura 23 é possível observar a variação da relação C/N com o passar do tempo de compostagem. Durante os experimentos, foi possível observar, de uma forma geral, o incremento na relação C/N para os diferentes tratamentos de compostagem realizados.

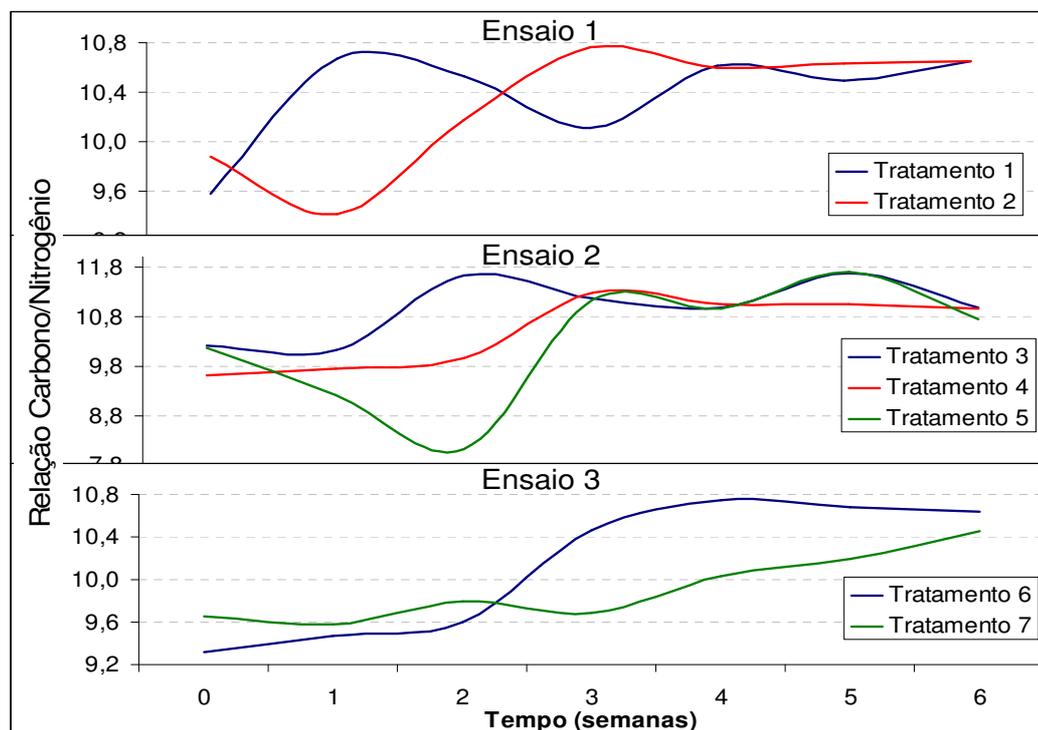


FIGURA 23 – VARIACÃO DA RELAÇÃO C/N COM O PASSAR DO TEMPO DE COMPOSTAGEM PARA OS DIFERENTES ENSAIOS DE COMPOSTAGEM.

De uma forma geral, durante o processo de compostagem a relação C/N tende a diminuir, uma vez que o nitrogênio tende a ser reciclado durante o processo de compostagem pela síntese de proteína microbiana e grande parte do carbono eliminado na forma de CO_2 (KIHTEL, 1998). Porém, neste trabalho foi verificado o discreto aumento da relação C/N que pode ser explicado pela perda de nitrogênio na forma de amônia em concentrações maiores que a perda de CO_2 pelo metabolismo microbiano.

Diversos autores obtiveram relações C/N semelhantes às obtidas neste trabalho durante a compostagem de diferentes resíduos sólidos orgânicos. Dentre estes autores pode-se citar Gorgati (2001) que observou a diminuição da relação C/N de aproximadamente 14/1 para 11/1 e 6/1 durante a compostagem de lixo urbano do município de São Lourenço da Serra/SP em pilhas descobertas e cobertas respectivamente. Em um estudo de compostagem realizado por Imbar e colaboradores (1990) com resíduos das indústrias de alimentos foi obtida relação C/N de 10/1 ao final do processo de compostagem. Lima (2006) obteve relações C/N próximas a 12/1 ao final do

processo de compostagem de uma mistura de diversos resíduos sólidos como bagaço de cana de açúcar, cinzas de bagaço de cana de açúcar e esterco de galinha poedeira. Além dos dados apresentados neste trabalho corroborarem com os dados apresentados por diversos autores, a relação C/N obtida está dentro dos parâmetros aceitos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento pelo decreto nº 4.954 de 14 de janeiro de 2004 (BRASIL, 2004).

A relação C/N pode ser utilizada como um índice para se verificar a maturidade do composto. Diversos pesquisadores afirmam que a relação C/N ideal para o início do processo de compostagem está por volta de 25/1 até 35/1 (ZUCCONI E BERTOLDI, 1986; KIEHL, 2004). Porém, alguns autores estudaram a compostagem de resíduos sólidos com diferentes relações iniciais de C/N. Entre estes autores pode-se citar Corrêa (1998) que estudou a compostagem de cama suína composta por diferentes suportes e com relações C/N que variaram entre 513/1 a 85/1; ao final da compostagem o autor observou uma queda significativa nestes valores chegando a 15/1 e 14/1 respectivamente. Ao contrário, Chanyasak e Kubota (1981) estudando a compostagem de diferentes resíduos sólidos orgânicos constataram que a relação C/N se manteve entre 5/1 e 6/1 durante todo o processo, estes autores chegaram a conclusão de que os resíduos utilizados nos experimentos de compostagem não influenciaram na variação da relação C/N. No trabalho aqui apresentado não foi realizada a correção da relação C/N, uma vez que se objetivou o estudo da compostagem somente da cama de frango por diferentes grupos de microrganismos.

5.6.8 Avaliação da capacidade de troca catiônica (CTC) ao longo do tempo

O monitoramento da CTC ao longo do período de compostagem de resíduos sólidos orgânicos permite avaliar o grau de maturação do composto (ROIG *et al.*, 1988).

Na figura 24 é possível observar o incremento da CTC ao longo do tempo para os diferentes ensaios de compostagem. Foi possível observar um aumento maior nos valores de CTC para os tratamentos 3, 4 e 5 em relação os demais tratamentos. Este aumento pode ser explicado pela concentração de

substâncias húmicas presentes nos materiais, uma vez que os tratamentos 3, 4 e 5 apresentaram maiores valores nas concentrações de ácidos húmicos em relação aos demais (item 5.6.5). Cegarra e colaboradores (1983) afirmam que os valores da CTC tendem a aumentar com o aumento da concentração de substâncias húmicas. Porém, os valores de CTC não se devem somente a concentração dos ácidos húmicos, mas também a diversos outros cátions trocáveis como Ca^+ , Mg^+ , Na^+ , K^+ , entre outros. Os valores, relativamente baixos, dos tratamentos 6 e 7 podem ser explicados pela diminuição da atividade metabólica e conseqüente diminuição da mineralização da matéria orgânica e liberação dos cátions trocáveis.

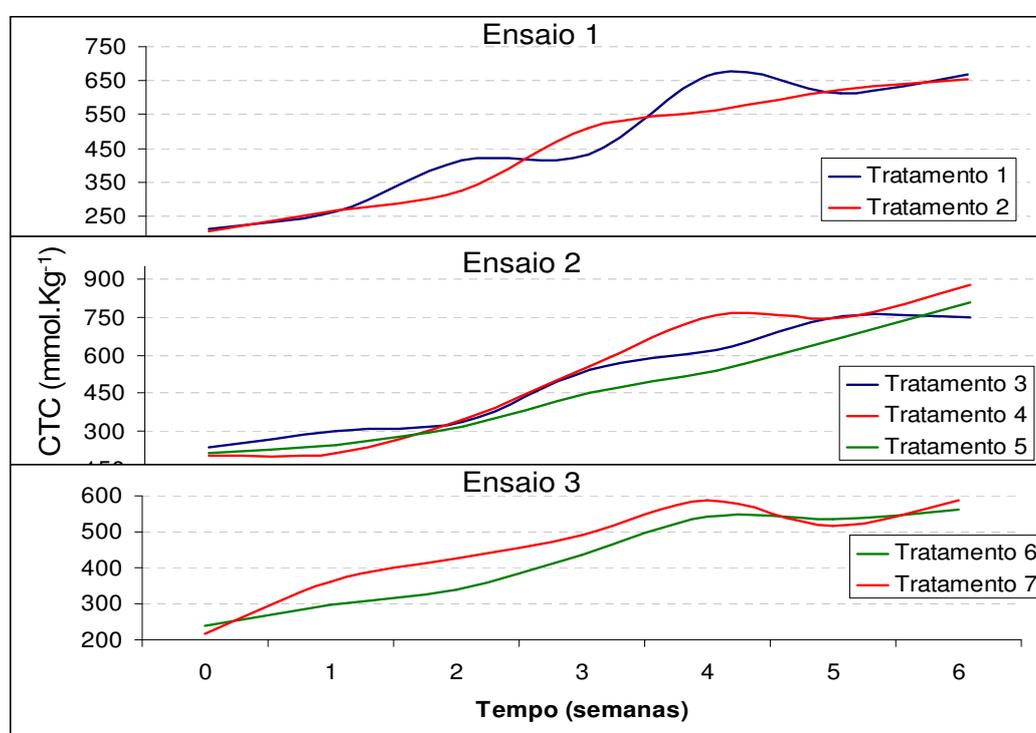


FIGURA 24 – VARIAÇÃO DOS VALORES DA CTC AO LONGO DO TEMPO PARA OS DIFERENTES ENSAIOS DE COMPOSTAGEM. VALORES DADOS EM MMOL DE CÁTIOS POR KG DE COMPOSTO EM BASE SECA.

Diversos autores apresentam valores variados para a CTC em compostos provenientes de diferentes fontes de matéria orgânica, dentre eles pode-se citar: Lima e colaboradores (2006) que obtiveram valores de CTC variando entre 357,7 e 618,2 mmol.c.dm³ ao final da compostagem de resíduos da produção de biodiesel com adição mineral; Souza e colaboradores (2008) que ao final da compostagem de bagaço de cana de açúcar com diferentes tamanhos de partículas e períodos de compostagem obtiveram valores entre 48

e $270 \text{ mmol}_c.\text{dm}^3$. Walker E Bernal (2007) obtiveram valor de $1228 \text{ mmol}_c.\text{kg}^{-1}$ em um composto produzido através de uma mistura de casca de oliva e resíduo de algodão.

Os valores da CTC para um adubo orgânico podem variar entre 1000 e $3000 \text{ mmol}_c.\text{kg}^{-1}$ (PEREIRA NETO, 2007). Porém, Kiehl (1998) afirma que um bom composto deve apresentar valores de CTC entre 600 e $800 \text{ mmol}_c.\text{kg}^{-1}$. Desta forma, os dados aqui apresentados corroboram com os valores indicados pelo autor, uma vez que os valores obtidos para este trabalho variam entre aproximadamente 550 e $900 \text{ mmol}_c.\text{kg}^{-1}$. Em relação às especificações técnicas exigidas pelo MAPA (BRASIL, 2009), o mesmo não estipula valores mínimos ou máximos para esta característica exigindo apenas que seja informado no rótulo do produto comercial.

5.6.9 AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO E K^+ SOLÚVEIS DURANTE A COMPOSTAGEM

Além dos nutrientes carbono e nitrogênio os teores de fósforo e potássio possuem grande importância durante a compostagem de resíduos sólidos orgânicos (KIEHL, 1998).

Durante a realização dos experimentos de compostagem foi possível observar um incremento nos valores de fósforo e K^+ ao longo do tempo para todos os ensaios realizados (figuras 25 e 26 respectivamente).

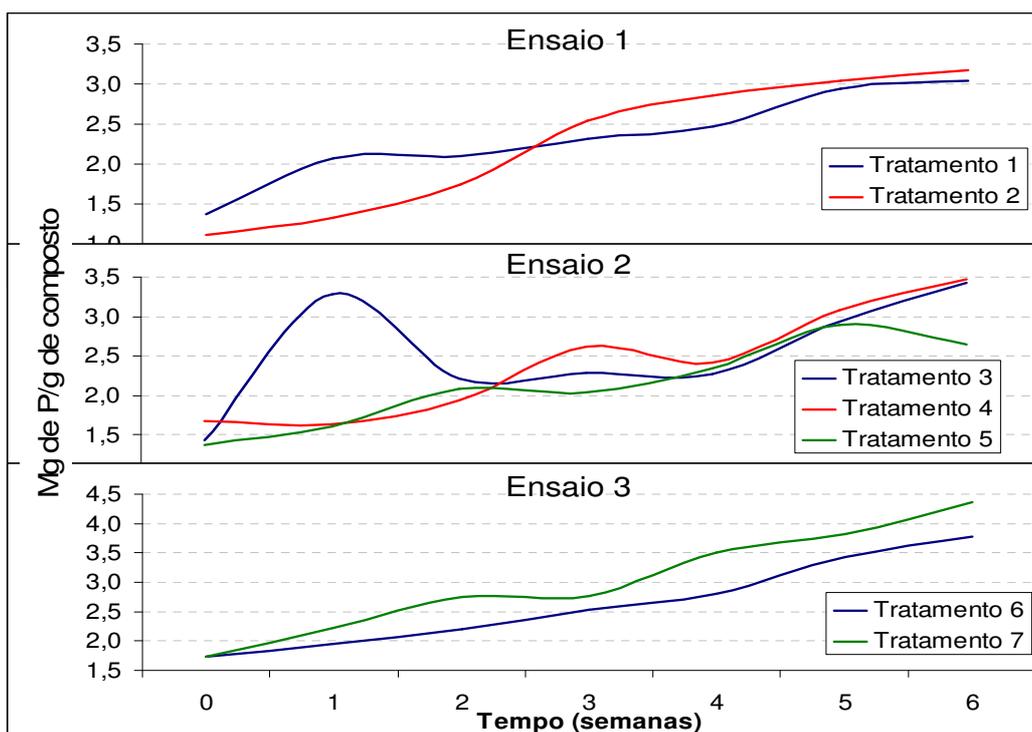


FIGURA 25 – VARIACÃO DOS TEORES DE FÓSFORO NA FORMA $H_2PO_4^-$ DURANTE O PERÍODO DE COMPOSTAGEM PARA OS DIFERENTES ENSAIOS REALIZADOS. VALORES DADOS EM MG DE FÓSFORO POR G DE COMPOSTO EM BASE SECA.

Albrecht (2007), de forma similar, observou o aumento no teor de fósforo durante análise da compostagem de lodo de estação de tratamento de efluentes com valores iniciais inferiores a $4,55 (+/- 0,23) \text{ mg.g}^{-1}$ para $6,81 (+/- 0,40) \text{ mg.g}^{-1}$ ao final do processo com 146 dias. Igualmente, Wei (2007) observou o incremento na concentração de fósforo durante a compostagem de resíduos sólidos urbanos com concentrações finais de $0,87$ e $0,76 \text{ mg.g}^{-1}$ para dois diferentes tratamentos.

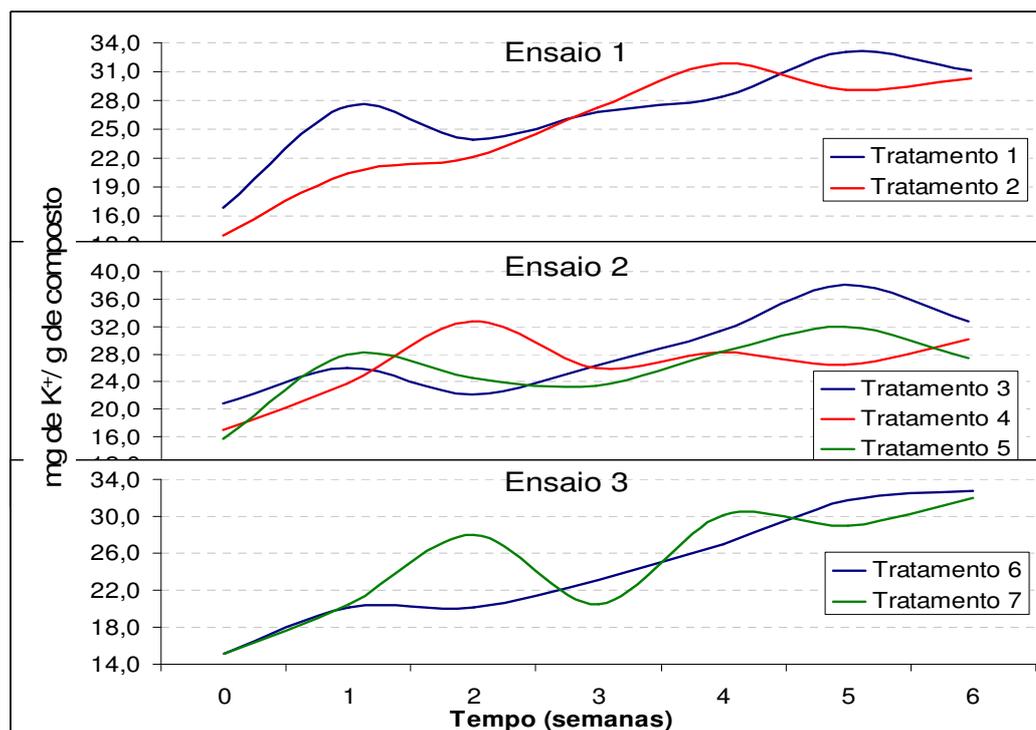


FIGURA 26 – VARIAÇÃO DOS TEORES DE K^+ PARA OS DIFERENTES ENSAIOS DE COMPOSTAGEM AO LONGO DO TEMPO. VALORES DADOS EM MG DE K^+ POR G DE COMPOSTO EM BASE SECA.

Os valores obtidos neste trabalho para os teores de potássio corroboraram com os valores obtidos por Paiva (2008) durante a compostagem de carcaças de frangos. Porém, foram superiores a valores encontrados por demais autores como Baeta-Hall e colaboradores (2003) que obtiveram concentrações de potássio próximas a $0,16 \text{ mg.g}^{-1}$ durante a compostagem de resíduos da extração de azeite e, ainda, Torres e colaboradores (2007) que obtiveram valores entre $0,8$ e $3,7 \text{ mg.g}^{-1}$ de composto durante a compostagem de biosólidos gerados na estação de tratamento de esgotos de Cañaverajelo, cidade de Cali – Colômbia.

5.7 AVALIAÇÃO DO COMPOSTO ORGÂNICO NA ACLIMATIZAÇÃO DE BROMÉLIAS DA ESPÉCIE *NIDULARIUM INNOCENTII* LEM

A aclimatização é uma das etapas mais importantes do processo da micropropagação. A aclimatização é necessária devido à sensibilidade das plantas cultivadas *in vitro*, uma vez que estas não possuem cutícula, não

apresentam rigidez na parede celular, as folhas não são fotossinteticamente ativas e os estômatos ainda não operam eficientemente (BRAINERD E FUCCHIGAMI, 1981).

Nas figuras 27, 28 e 29 estão apresentadas as plantas após aclimatização por um período de 54 dias nos diferentes substratos estudados como indicados na tabela 4 no item 4.8.2 na seção de materiais e métodos.



FIGURA 27 – PLÂNTULAS DE *NIDULARIUM INNOCENTII* APÓS ACLIMATIZAÇÃO NOS SUBSTRATOS PLANTMAX HT™ 100% (A), PLANTMAX HT™:COMPOSTO 1 (1:1 V/V) (B) E PLANTMAX HT™:COMPOSTO 5 (1:1 V/V) (C). OS SUBSTRATOS FORAM COMPOSTOS PELA MISTURA ENTRE O SUBSTRATO COMERCIAL PLANTMAX HT™, CAMA DE FRANGO “IN NATURA” E COMPOSTOS ORGÂNICOS 1 E 5 OBTIDOS DURANTE A COMPOSTAGEM DA CAMA DE FRANGO REALIZADO NESTE TRABALHO.



FIGURA 28 – PLÂNTULAS DE *NIDULARIUM INNOCENTII* APÓS ACLIMATIZAÇÃO NOS SUBSTRATOS COMPOSTO 1-100% (A) E COMPOSTO 5 – 100% (B) APÓS 54 DIAS DE ACLIMATIZAÇÃO.



FIGURA 29 – PLÂNTULAS DE *NIDULARIUM INNOCENTII* APÓS ACLIMATIZAÇÃO NOS SUBSTRATOS PLANTMAX HT™:CAMA DE FRANGO "IN NATURA" (1:1 V/V) (A) E CAMA DE FRANGO "IN NATURA" - 100% (B) APÓS 54 DIAS DE ACLIMATIZAÇÃO

Entre as variáveis com maior relevância durante a aclimatação de plantas *in vitro* para *ex vitro* é o índice de sobrevivência, este índice é

diretamente afetado pelo substrato utilizado durante a aclimatização (SILVA *et al.*, 2006). Neste trabalho foi possível observar que o composto orgânico obtido através do processo acelerado (tratamento 5) resultou em índices de 100% de sobrevivência para as plantas estudadas, índices semelhantes aos obtidos com o substrato comercial Plantmax HT™ (figura 30). O composto obtido de forma convencional (tratamento 1) e a cama de frango em estado bruto (100%) se mostraram inferiores aos demais resultados com valores de 90 e 85 % respectivamente. Porém, com a mistura destes substratos com o substrato comercial Plantmax HT na proporção de 1:1 (v/v) os índices de sobrevivência aumentaram para 100 %.

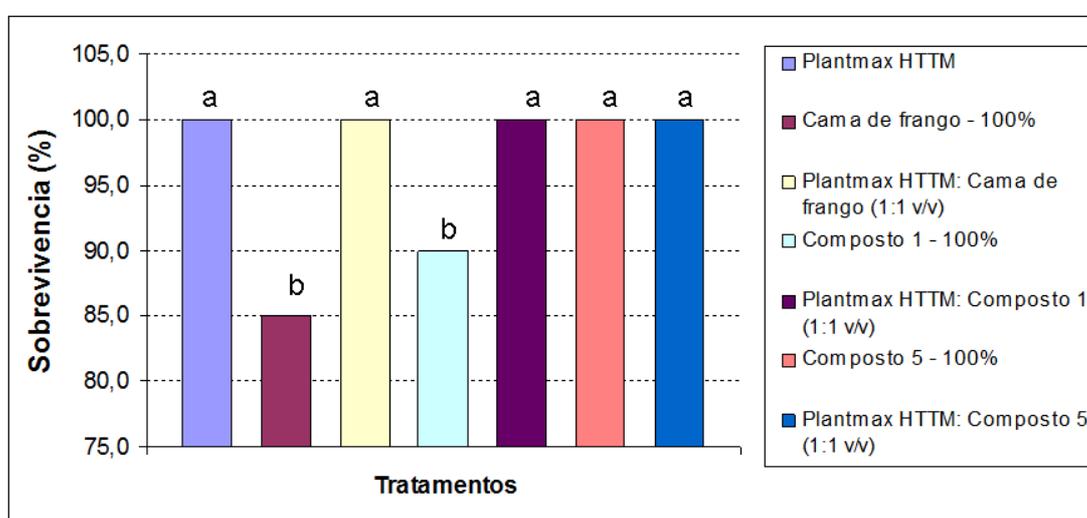


FIGURA 30 – VALORES DE SOBREVIVÊNCIA DE *NIDULARIUM INNOCENTII* DURANTE A FASE DE ACLIMATIZAÇÃO EM DIFERENTES SUBSTRATOS. TRATAMENTOS SEGUIDOS PELA MESMA LETRA NÃO DIFEREM ESTATISTICAMENTE AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO. TRATAMENTOS SEGUIDOS PELA MESMA LETRA NAS COLUNAS NÃO DIFEREM ENTRE SI PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO.

Silva e colaboradores (2006) obtiveram taxas de sobrevivência de 91,6; 83,3; 87,1 e 63,3 % na aclimatização de mudas de *Dyckia maritima* (Bromeliaceae) nos substratos: solo:areia:vermiculita (1:1:1 v/v); solo:esfagnum:casca de nozes (1:1:1 v/v); solo:casca de nozes:areia (7,5:1,5:1 v/v) e solo:vermiculita:casca de nozes (1:1:1 v/v) respectivamente. Em um estudo de aclimatização de plantas micropropagadas do porta-enxerto de macieira “Marubakaido”, Hoffman e colaboradores (2001) obtiveram valores de sobrevivência de 85,5 % utilizando como substrato um composto orgânico obtido com esterco bovino e restos culturais de gramíneas + areia (1:1 v/v), o

mesmo composto orgânico + areia + solo (2:1:2 v/v) e ainda o substrato comercial Plantmax. Tavares e colaboradores (2008) estudaram o efeito da adubação foliar com KNO_3 na aclimatização de *Aechmea blanchetiana* (Bromeliaceae) e obtiveram taxas de sobrevivência constantes e superiores a 80%. Pompelli (2002) obteve taxas de sobrevivência de 90% para plântulas de *Dyckia distachya* com tempo de aclimatização de 120 dias.

Em relação à massa fresca da parte aérea e massa fresca total foi possível identificar que os compostos orgânicos quando utilizados sozinhos não apresentaram a mesma eficiência em relação ao substrato comercial (figura 31). Porém, quando misturados ao substrato comercial na proporção de 1:1 proporcionaram boas condições de adaptação e crescimento para as plântulas. Este mesmo efeito foi observado para os valores de massa seca da parte aérea e massa seca total (figura 32). Já para os valores de massa fresca e seca das raízes não foi observado o mesmo padrão uma vez que, mesmo quando os compostos orgânicos misturados com o substrato comercial não apresentaram valores estatisticamente iguais ou superiores ao substrato comercial. Para os valores obtidos com cama de frango bruta e cama de frango misturada com o substrato comercial foi possível observar que somente a cama de frango não proporciona as condições ideais para a adaptação e crescimento das plântulas de *N. innocentii*, porém quando mistura na proporção de 1:1 com o substrato comercial proporcionou resultados superiores os compostos orgânicos em forma bruta. Porém, este aumento nos valores para a mistura não podem ser atribuídos a qualidade nutricional da cama de frango uma vez que, quando utilizada sozinha apresentou resultados inferiores aos demais tratamentos.

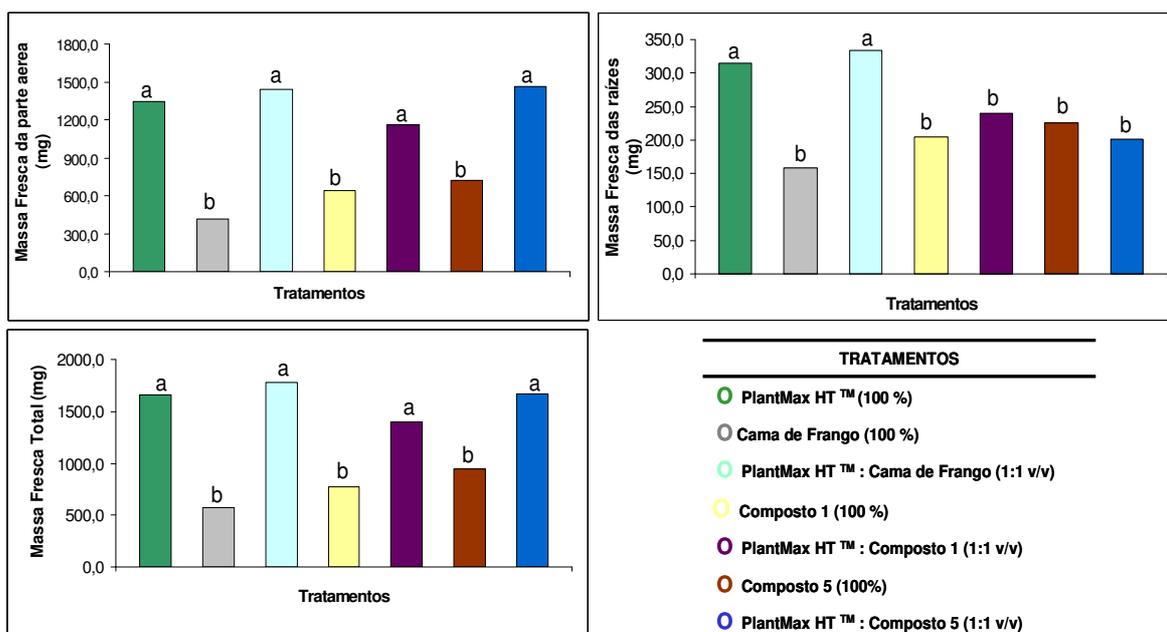


FIGURA 31 – COMPARAÇÕES ENTRE OS DIFERENTES TRATAMENTOS EM RELAÇÃO AOS VALORES DE MASSA FRESCA DA PARTE AÉREA, RAÍZES E TOTAL APÓS OS 41 DIAS DE ADAPTAÇÃO DAS MUDAS. TRATAMENTOS SEGUIDOS PELA MESMA LETRA NAS COLUNAS NÃO DIFEREM ENTRE SI PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO.

Villa e colaboradores (2006) obtiveram resultados semelhantes na aclimatização de plântulas de amoreira-preta (*Rubus* spp.) para os substratos Plantmax HT™ quando comparados aos substratos vermiculita; casca de arroz carbonizada e a mistura dos três substratos utilizados. Neste trabalho os autores justificam os melhores resultados para o substrato Plantmax HT™ devido ao fato que este substrato possui nutrientes na quantidade adequada para o período inicial de desenvolvimento das plântulas. Igualmente, Couto e colaboradores (2003) observaram valores superiores para a massa fresca e seca da parte aérea na aclimatização de *P. cerasífera* para o substrato plantmax:casca de arroz carbonizada (3:1 v/v) em relação aos substratos casca de arroz carbonizada: húmus:solo: esterco (2:2:1:1 v/v), húmus: casca de arroz carbonizada (3:1 v/v) e casca de arroz carbonizada:húmus: solo (2:2:1 v/v). Porém, Moreira e colaboradores (2006) observaram resultados superiores para o composto orgânico na aclimatização de mudas micropropagadas de abacaxizeiro CV Peróla em relação ao substrato comercial Plantmax HT™.

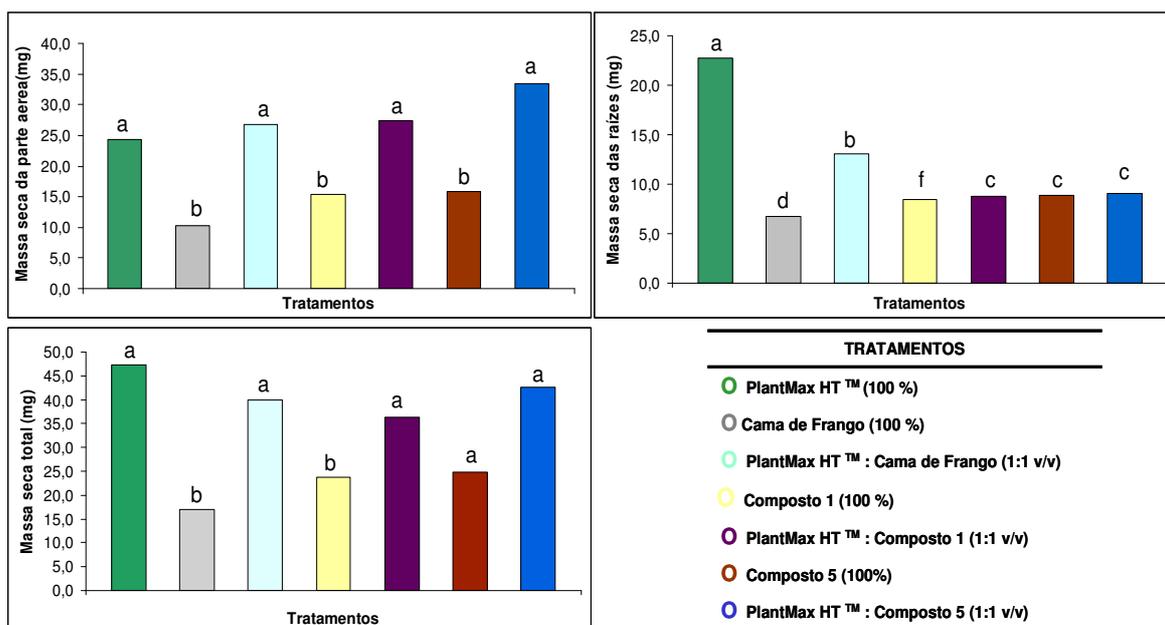


FIGURA 32 – AVALIAÇÃO DA MASSA SECA DA PARTE AÉREA, RAÍZES E TOTAL PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS ESTUDADOS. VALORES OBTIDOS APÓS PERÍODO DE ACLIMATIZAÇÃO DE 41 DIAS. TRATAMENTOS SEGUIDOS PELA MESMA LETRA NAS COLUNAS NÃO DIFEREM ENTRE SI PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO.

Na figura 33 estão apresentados os resultados para o tamanho da parte aérea, número de folhas e relação entre a parte aérea pelo comprimento das raízes para os diferentes tratamentos estudados. Foi possível observar que a mistura entre o substrato comercial e os demais substratos foram responsáveis pelos melhores resultados para as características de tamanho da parte aérea e número de folhas. Estes resultados podem ser explicados pela modificação das características físicas do substrato, tais como: espaço poroso e retenção de água proporcionando melhores características físicas para os substratos e, ainda, o aumento dos nutrientes pela adição do substrato comercial. Contudo, em relação ao número de folhas foi possível observar que os melhores resultados foram obtidos para os tratamentos Plantmax HT™:composto 1 e PlantmaxHT™:composto 5 sobressaindo-se em relação ao substrato comercial “*in natura*”. O número de folhas é uma característica importante na aclimatização de plântulas *in vitro*, pois mudas com maior número de folhas possuem maiores índices de pegamento no campo uma vez que, as folhas são as estruturas responsáveis pela captação de energia solar e pela produção de matéria orgânica através da fotossíntese (Sousa, 1994). Já, para os valores da

relação parte aérea/raízes foi possível identificar que os substratos que apresentaram os melhores resultados foram Plantmax:composto 1 e Plantmax:composto 5 sendo estes resultados superiores aos obtidos ao substrato comercial bruto. Estas diferenças podem ser atribuídas pelo aumento do espaço poroso total e retenção de água dos substratos, proporcionadas pela adição do substrato comercial aos compostos orgânicos.

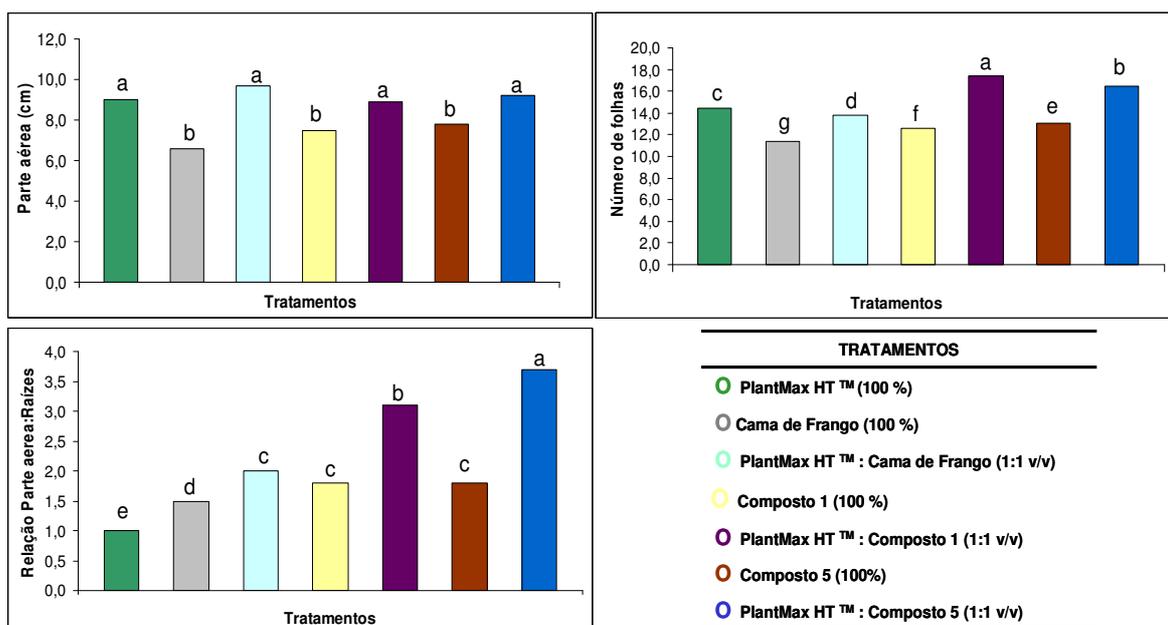


FIGURA 33 – RESULTADOS OBTIDOS PARA AS CARACTERÍSTICAS DE PARTE AÉREA, NÚMERO DE FOLHAS E RELAÇÃO PARTE AÉREA:RAÍZES PARA OS DIFERENTES SUBSTRATOS UTILIZADOS. TRATAMENTOS SEGUIDOS PELA MESMA LETRA NAS COLUNAS NÃO DIFEREM ENTRE SI PELO TESTE DE SCOTT-KNOTT AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO.

As diferenças entre os resultados obtidos para os diferentes tratamentos podem ser explicadas pelas características físicas e químicas dos substratos utilizados. Em relação ao substrato comercial, o mesmo possui as características de espaço poroso total, retenção de água e espaço de ar na capacidade de campo idéias para o processo de aclimatização. Segundo Hoffmann (1999), o substrato Plantmax HTTM apresenta características que favorecem o crescimento das mudas após emissão das raízes adventícias: as propriedades físicas (porosidade, textura, drenagem e baixa compactação) e químicas (presença de nutrientes e pH adequado ao desenvolvimento da muda).

6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que:

- ✓ O sistema de reatores utilizados para a compostagem de cama de frango foi satisfatório em todos os aspectos;
- ✓ A metodologia de compostagem acelerada proposta permitiu a compostagem da cama de frango sem prévio tratamento mesmo com a alta concentração de amônia e elevado pH;
- ✓ Os microrganismos utilizados nos tratamentos 3, 4 e 5 apresentaram os melhores níveis de degradação e mineralização da cama de frango devido a melhor adaptação dos mesmos ao substrato utilizado;
- ✓ A quantidade de espécies de microrganismos utilizados durante a compostagem influenciou diretamente o desenvolvimento do processo de compostagem;
- ✓ A qualidade do composto orgânico está associada aos microrganismos presentes no processo de compostagem;
- ✓ A compostagem acelerada da cama de frango pela metodologia proposta proporcionou um composto orgânico de alta qualidade e características aceitas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento segundo a Instrução Normativa, nº 25 de Julho de 2009;
- ✓ Os compostos orgânicos testados na aclimatização de plântulas de *N. innocentii* foram eficientes para este propósito, uma vez que proporcionaram taxas de sobrevivência iguais para o substrato comercial Plantmax HTTM;
- ✓ A utilização destes compostos orgânicos na aclimatização de plantas *in vitro* é vantajosa, mesmo quando utilizada em mistura com um substrato padrão, devido ao preço do produto comercial;

7. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES

- ✓ Estudar métodos para incrementar as características físicas dos compostos orgânicos com o intuito de melhorar a qualidade dos mesmos;
- ✓ Realizar a respirometria do material durante a compostagem;
- ✓ Avaliar a taxa de inóculo e outros tipos de inóculo com o intuito de antecipar a fase termófila e obter temperaturas superiores às obtidas neste trabalho;
- ✓ Efetuar o *scale up* do processo e verificar a reprodutibilidade dos resultados obtidos;
- ✓ Realizar tratamentos prévios da cama de frango tais como modificação do pH, hidrólise parcial de materiais recalcitrantes e adição de alguns nutrientes verificando o custo/benefício destas modificações;

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABATE, G. *Isolamento, purificação e estudos de complexação de substâncias húmicas*. (Dissertação de mestrado), Universidade de São Paulo. Instituto de Química. São Paulo, 1998.

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DO ESTADO DO PARANÁ. *Paraná é líder na produção de frangos do País*. 2009. Disponível em: <<http://www.aenoticias.pr.gov.br/modules/news/article.php?storyid=48435>>. Acessado em: 05/10/2009.

ALVES DOS SANTOS, M. R.; FERREIRA, M. G. R.; CARVALHO, J. O. M.; MARCOLAN, A. L.; BARROSO, G. R. P.; LIMA, R. A.; SILVA, A. G. Efeito da adubação verde sobre o crescimento de *Lalanchoe pinnata* (Lam.). *Saber Científico*, Porto Velho - RO, 2 (2): 45 - 55, jul./dez., 2009.

ALBRECHT, R. *Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts: Nouvelle methodology du suivi des transformations de la materie organique*. Universite Paul Cézanne Aix-Marseille III. Tese de Doutorado. 2007

AMORIM, A. C.; LUCAS JUNIOR, J.; RESENDE, K. T. *Compostagem e vermicompostagem de dejetos de caprinos: Efeito das estações do ano*. Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v.25, n.1, p.57-66. 2005.

APHA. AWWA. WPCF. *Standart methods for the examination of water and wastewater*. 20th ed. Washington, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 10004: resíduos sólidos*. 48 p. 1987.

AVANZI, I. R.; GRACIOSO, L. H.; PERPETUO, E. A. Isolamento e identificação de bactérias degradadoras de fenol da zona industrial de Cubatão-SP, através da técnica de amplificação do 16S. *Revista Ceciliansa* 1(2): 66-70. 2009.

AZEVEDO, M. A. *Estudo e avaliação de quatro modos de aeração para sistemas de compostagem em leiras*. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. 1993.

AZEVEDO, J.; VIERIA DA SILVA FILHO, E.; DAMASCENO, R. N. Valor agrícola e

comercial do composto orgânico de resíduos sólidos urbanos da usina de Irajá, Município do Rio de Janeiro. *XXVII Congresso Internacional de Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2002.

BAETA-HALL, L.; SÀÁGUA, M. C.; BARTOLOMEU, M. L.; ANSELMO, A. M.; ROSA, M. F. A compostagem como processo de valorização dos resíduos na extracção de azeite em contínuo. *Boletim de Biotecnologia*, UME, UB, 31-37. 2003

BIDDLESTONE, A. J.; GRAY, K. R. Introduction do compost – principles. In: *Waste Not Want Not Conference*, p. 1-9. 1991

BLOOM, E.; RICHARD, T. L. Relative humidity and matric potential constraints on composting microbial activity. *ASAE Paper* Nº. 027010. ASAE, St. Joseph, MI. 2002.

BRADY, N.C. *Natureza e propriedades dos solos*. 7 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.

BRAINERD, K. E. E FUCHIGAMI, L. H. Acclimatization of aseptically cultural apple plants to low relative humidity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 106:515-518,1981.

BRASIL. *Instrução Normativa nº 15, de 17 de julho de 2001*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Diário Oficial da União, nº 17, p138, Seção 1. 2001.

BRASIL, *Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003*. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, Diário Oficial da União, nº 181, p 14, seção 1. 2003.

BRASIL. *Decreto nº 4.954 de 14 de janeiro de 2004*. Regulamentação da lei 6.894 de 16 de dezembro de 1980. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Diário Oficial da União, nº5, p 45, seção 4. 2004.

BRASIL. *Instrução Normativa nº 28 de julho de 2007*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organominerais e Corretivos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 31 de julho de 2007, Seção 1, p.11. 2007.

BRASIL. *Instrução Normativa, nº 25 de Julho de 2009*. Ministério da Agricultura,

Pecuária e Abastecimento. Official Gazette, Brasília, DF, July, 28, 2009, Section 1, p.20. 2009.

BRITO, B.G.; TAGLIARI, K.C. Efeito da utilização de ImpactP na ocorrência de celulite em frangos de corte. *A Hora Veterinária*, v.26, n.155, p.13-20, 2007.

BRUNI, V. C. *Avaliação do Processo Operacional de Compostagem Aerada de Lodo de Esgoto e Poda Vegetal em Reatores Fechados*. (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Universidade Federal do Paraná, 2005.

BÜTTENBENDER, S. E. *Avaliação da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos provenientes da coleta seletiva realizada no município de Angelina/SC*. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2004.

CARIELLO, M. E.; CASTAÑEDA, L.; RIOBO, I.; GONZÁLEZ, J. Inoculante de microorganismos endógenos para acelerar el proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos. *J. Soil Sc. Plant Nutr.* v7, n3, p.26-37. 2007.

CEGARRA, J.L.; HERNÁNDEZ, M.T.; LAX A.; COSTA, Y. F. Adición de residuos vegetales a suelos calizos: influencia sobre la capacidad de cambio catiónico. *An. Edafol. Agrobiol.*, 42: 235-244. 1983.

CHANYASAK, V.; KUBOTA, H. Carbon/ organic nitrogen ratio in water extracts as a measure of composting degradation. *J. Ferment. Technol.*, 59: 215-221. 1981.

CORRÊA, D.; PRESSI, F.P.; JACOMETTI, M.L.G.; SPITZNER, P.I. *Tecnologia de fabricação de fertilizantes orgânicos*. 1982.

CORREA, E.K. *Avaliação de diferentes tipos de camas na criação de suínos em crescimento e terminação*. 91p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 1998.

COUTO, M.; WAGNER JÚNIOR, A.; QUEZADA, A.C. Efeito de diferentes substratos durante a aclimatização de plantas micropropagadas do porta-enxerto Mirabolano 29C (*Prunus cerasifera* EHRH) em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Agrociência* 9: 125-128. 2003.

CRUZ C. D. *Programa Genes: versão Windows; aplicativo computacional em*

genética e estatística. Vicosa, MG: UFV, Imprensa Universitaria, 648p. 2001.

DAI PRÁ, M. A. *Desenvolvimento de um sistema de compostagem para o tratamento de dejetos de suínos*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS. 127 p. 2006.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2 ed., 370p. 2000.

DEPORTES, I.; BENOIT-GUYOD, J.L.; ZMIROU, D.; BOUVIER, M.C. Microbial disinfection capacity of municipal solid waste (MSW) composting. *Journal of Applied Microbiology*, v.85, p.238-246, 1998.

DELFINO, S.; TOGNETTI, R.; DESIDERIO, E. E ALVINO, A. Effects of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agron. Sustain. Develop*, 25:183-191, 2005.

ECOICHEM. *Composting process*. 2004. Disponível em <http://www.ecochem.com/t_compost_faq2.html>. Acessado em: 02/9/2010.

EHLERS, E. *Agricultura orgânica: um pouco de historia*. 2004. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/uf/espírito-santo/areas-de-atuacao/agro/agricultura-organica/integra_bia?ident_unico=1202> Acessado em: 10/05/2010.

FAIRHURST, A. J.; WARWICK, P.; RICHARDSON, S. The influence of humic acid on the adsorption of europium onto inorganic colloids as a function of pH, *Colloids and Surfaces. A. Physicochem.Eng.Aspects*, v. 99, pp. 187-199. 1995.

FERRARA, G. E BRUNETTI, G. Influence of foliar applications of humic acids on yield and fruit quality of table grape cv. Itália. *J. Intern. Sci. Vigne Vin.*, 42:79-87, 2008.

FUKAYAMA, E. H. *Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: Efeito na produção de biogás e biofertilizante*. Universidade Estadual Paulista - Júlio de Mesquita Filho – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.(Tese de Doutorado). São Paulo. 2009.

GANDRA, A. *Fertilizantes orgânicos reduzirão dependência brasileira de nutrientes*. 2009. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=fertilizantes-organicos-dependencia-brasileira-de-nutrientes&id=010125090114>>. Acesso em:

12/01/2011.

GOLUEKE, C. G.; DIAZ, L. F. *Inoculums and enzymes*. In: The biocycle guide to the art & science of composting. Emmaus: J. G. Press, 1991.

GORGATI, C.Q. *Resíduos sólidos urbanos em área de proteção aos mananciais - município de São Lourenço da Serra - SP: Compostagem e impacto ambiental*. p.74. (Tese de Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2001

GRAVES, R. E.; HATTEMER, G. M.; STETTLER, D.; KRIDER, J. N.; CHAPMAN, D. *Composting*. In: United States department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Part 637 Environmental Engineering – National Engineering Handbook. Washington, 2000. 88p. Disponível em: <http://www.info.usda.gov/CED/>. Acesso em 11/11/2009

HARADA, Y.; YONOKO, A. Relationship between cation-exchange capacity and the degree of maturity of city refuse composts. *Soil Sci. Plant Nutr.* n26, p.353-362. 1980.

HAUG, R.T. *Practical handbook of compost engineering*. Lewis Publishers. Boca Raton. 717 p. 1993.

HOFFMANN, A. *Enraizamento e aclimatização de mudas micropropagadas dos porta-enxertos de macieira Marubakaido e M-26*. (Tese de Doutorado) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

HOFFMANN, A.; PASQUAL, M.; CHALFUN, N. N. J. Efeito de substratos na aclimatização de plantas micropropagadas o porta-enxerto de macieira 'Marubakaido'. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.25, n.2, p.462-467, mar./abr. 2001.

IBAM. INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. *Compostagem: Boletim técnico*. 2009. Disponível em: <<http://www.ibam.org.br/publique/media/Boletim5rs.pdf>. Acesso em: 15 de outubro de 2009.

ILLÉS, E., TOMBÁCZ, E., The role of variable surface charge and surface complexation in the adsorption of humic acid on magnetite: *Colloids and Surfaces. A. Physicochem.Eng.Aspects*, v. 230, pp. 99-109, 2004.

IMBAR, Y.; CHE, Y.; HADAR, Y. Humic substances formed during the composting of organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54: 1316- 1323. 1990.

IMBEAH, M. Composting piggery waste: A review. *Bioresource Technology*, Essex, v. 63, n. 3, p. 197-203, 1998.

INTERNATIONAL HUMIC SUBSTANCE SOCIETY. – IHSS. *Isolation of IHSS Aquatic Humic and Fulvic acids*. Disponível em: <[http:// www.ihss.gatech.edu](http://www.ihss.gatech.edu)>. Acesso em 20/04/2009.

JIMÉNEZ, E. I.; GARCIA, V. P. Evaluation of City Refuse Compost Maturity: A Review, *Biological Wastes*, 27:115-14. 1989.

KIEHL, E. J. *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. p. 171, Piracicaba/SP. 1998.

KIEHL, E. J. *Manual de compostagem maturação e qualidade do composto*. São Paulo: Agronômica Ceres, 2002.

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

KONZEN, E. A. *Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves*. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. V Seminário técnico da cultura de milho, Videira, 2003.

KUBE, L. Carcass disposal by composting. Paper presented at the 35th Annual Conservation of the American Association of Bovine Practitioners, Madison, Wisconsin. American Association of Bovine Practitioners 2002 Proceedings. p. 30-37, 2002.

LAU, A. K.; LO, K. V.; LIAO, P. H.; YU, J. C. Aeration experiments for swine waste composting. *Bioresource Technol.*, 41: 145-152. 1992.

LI, X.; ZHANG, R.; PANG, Y. Characteristics of dairy manure composting with rice straw. *Bioresource Technology*, v.99, p.359-367, 2008.

LIMA, L. M. Q. *Tratamento de lixo*. 2 ed. São Paulo. 1991.

LIMA, C. C. *Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel*

compostados com adição mineral. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. p.167. 2006.

LINDENBERG, R. C. Problemática da compostagem nos países em desenvolvimento. *Limpeza pública*. São Paulo: ABLP, n. 37, p.4-5, dez. 1991.

MACHADO, M. M. D. *Degradação biológica de polifenóis: Isolamento e Caracterização de Bactérias Mesofílicas e Termofílicas de Água de Cozedura de Cortiça*. (Tese de Mestrado), Universidade do porto, Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa. Portugal, Porto. 2005.

MACKLIN, K. S.; HESS, J. B.; BILGILI, S. F. et al. Effects of in-house composting of litter on bacterial levels. *J. Appl. Poult. Res.*, v. 15, p. 531–537, 2006.

MATOS, A. T. *Tratamento de Resíduos Agroindustriais*. Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2005.

MATOS, A. T. *Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos*. Associação de Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, Viçosa. 2006.

MELO, R. F.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, L. A.; ANJOS, J. B. Avaliação do uso de adubo orgânico nas culturas de milho e feijão Caupi em barragem subterrânea. In: *VI Congresso Brasileiro de Agroecologia e II Congresso Latino Americano de Agroecologia*. Curitiba – PR. 2009.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, B. O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 32: 101-110. 2008.

MERCEDES, S. S.; PEREIRA NETO, J. T. *O efeito da temperatura na eliminação de patógenos durante a fase ativa da compostagem de lixo urbano*. Anais do 17º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. Natal – RN. 1993.

MILLER, F.M. Composting as a process based on the control of ecologically selective factors. In: METTING JR., F.B. *Soil Microbial Ecology*. Marcel Dekker, New York, USA, p. 515±54. 1992.

MOORE JR., P. A.; DANIEL, T. C.; EDWARDS, D. R. Effect of chemical amendments on ammonia volatilization from poultry litter. *Journal of Environmental*

Quality, v.24,n.2, p.293-300, 1995.

MÔNICA, S. S.; COSTA, M.; LUIZ, A.; COSTA, M.; DECARLI, L. D.; PELÁ, A.; SILVA, C. J.; MATTER, U. F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.13, n.1, p.100–107, 2009.

MOREIRA, M. A.; CARVALHO, J. G. de; PASQUAL, M.; FRÁGUAS, C. B.; SILVA, A. B. Efeito de substratos na aclimatização de mudas micropropagadas de abacaxizeiro CV. Pérola. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 30, n. 5, p. 875-879, 2006.

MOTA, J. P.; PEREIRA NETO, J. T.; CABALLOS, B. S. O.; SOUZA, F. C. Utilização da compostagem para o tratamento de resíduos de madeira e aparas de grama. In: *XXVIII Congresso Interoamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. Anais. Cancun, México. 2002.

MUKHTAR, S.; KALBASI A.; AHMED A. *Carcass disposal: A comprehensive review*. National Agricultural Biosecurity Center Consortium, USDA APHIS Cooperative Agreement Project, Carcass disposal working group, Kansas State University. Kansas, 2004.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, v15, p. 473-497, 1962.

NAAS, I. A.; MIRAGLIOTTA, M. Y.; BARACHO, M. S.; MOURA, D. J. Ambiência aérea em alojamento de frangos de corte: poeira e gases. *Eng. Agríc.* vol.27, n.2, pp. 326-335. ISSN 0100-6916. 2007.

NAKASAKI, K.; NAG, K.; KARITA, S. Microbial succession associated with organic matter decomposition during thermophilic composting of organic waste. *Waste Manage Res.* n23, p48–56. 2005.

OLIVEIRA, E. M.; QUEIROZ, S. B.; SILVA, V. F. *Influência da matéria orgânica sobre a cultura da alface*. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 285-292. 2009.

OLIVEIRA, M. C.; ALMEDIA, C. V.; ANDRADE, D. O. Teor de matéria seca, pH e amônia volatilizada da cama de frango não tratada e tratada com diferentes aditivos. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 32, p.951-954. 2003.

ORRICO JR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JR, J. Compostagem dos resíduos da produção avícola: Cama de frangos e carcaças de aves. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, v.30, n.3, p.538-545. 2010.

PAIVA, E. C. R. *Avaliação da compostagem de carcaças de frangos pelos métodos da composteira e leiras estáticas aeradas*. Viçosa: Escola de Engenharia da UFMG. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

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

PEREIRA NETO, J. T.; MARA, D. D.; STENTIFORD, E. I. *Compostagem do lixo urbano e lamas de esgotos domésticos: uma análise para aplicação em áreas carentes ou industrializadas*. Lisboa, APESB. 1986.

PEREIRA NETO, J. T. Tratamento, reciclagem e impacto ambiental de dejetos agrícolas. In: Conferência sobre agricultura e meio ambiente, Viçosa. *Anais*. Viçosa - MG: UFV-NEPEMA, 1994. p.61-74. 1992.

PEREIRA NETO, J. T.; STENTIFORD, E. I. *Aspectos epidemiológicos na compostagem*. Bio, v.4. 1992.

PEREIRA NETO, J. T.; AZEVEDO, M. A. Co-composting of urban waste and sewage sludge in piles under forced aeration - general considerations. In: *Reunião Anual da SBPC*, 42, Porto Alegre, p. 57-60. 1990.

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.

PEREIRA NETO, J. T. *Manual de compostagem, processo de baixo custo*. Edição revisada e ampliada. Ed. UFV, Viçosa, MG. 2007.

POPE, M.; CHERRY, T.E. Evaluation of the presence of pathogens on broilers raised on poultry litter treatment-treated litter. *Poult. Sci.*, v.79, p.1351-1355, 2000.

POMPELLI, M. F. Morfogênese in vitro, métodos de micropropagação e conservação de germoplasma de *Dyckia distachia* Hassler. 93p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Curso de Pós Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2002.

PROCHONOW, L.I.; CUNHA, C.F.; KIEHL, J. C. et al. Controle da volatilização de amônia em compostagem, mediante adição de gesso agrícola e superfosfato com diferentes níveis de acidez residual. *Rev. Bras. Ciên. Solo*, v.25, p.65-70, 2001

PROSAB. PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. *Manual prático para a compostagem de biossólidos*. Universidade Estadual de Londrina – UEL. 1999.

RAMOS-TEJADA, M. M.; ONTIVEROS, A.; VIOTA, J. L.; DURÁN, J. D. G., Interfacial and rheological properties of humic acid/hematite suspensions. *Journal of Colloid and Interface Science*, v. 268, pp. 85-95, 2003.

RAUSA, R.; GIRARDI, E.; CALÉMMA, V. Humic acids from coal: production, characterization and utilization. In: SENESI, N.; MIANO, T.M. Humic substances in the global environment and implications on human health. Elsevier, Oxford. p. 1225-1244. 1994.

REDE DE TECNOLOGIA SOCIAL. Parceria permitirá a criação do fertilizante orgânico tecnológico. Disponível em: <<http://www.rts.org.br/noticias/destaque-2/parceria-permitira-a-criacao-do-fertilizante-organico-tecnologico>>. Acessado em: 10/02/2011.

REZENDE, F. A. de. *Aceleração do processo de compostagem de resíduos sólidos: avaliação de fertilizantes obtido em uma usina de compostagem no litoral norte da Bahia*. Salvador Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Bahia, 69 p. 2002.

RIBEIRO, L. P.; LIMA, J. S. Avaliação da eficiência do composto orgânico proveniente de resíduos orgânicos na produção da hortaliça *Allium fistulosum* L. (Cebolinha). *Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil*, Caxambu – MG. 2007.

RICHARD, T.; TRAUTMANN, N.; KRASNY, M.; FREDENBURG, S.; STUART, C. *The science and engineering of composting*. 2002. Disponível em:<http://www.compost.css.cornell.edu/composting_homepage.html>. Acesso em: 12/12/2010.

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

ROIG, A.; LAX, A.; CEGARRA, J.; COSTA, F.; JERNANDEZ, M.T. Cations exchanger capacity as a parameter for measuring the humification degree of manure. *Soil Sci.*, 146: 311-316. 1988.

RODRÍGUEZ LEÓN, J. A.; SOCCOL, C. R.; SINGHANIA, R. R.; PANDEY, A.; STURM, W.; LETTI, L. A. J.; VANDENBERGHE, L. P. S.; RODRÍGUES FERNÁNDEZ, D. E. Solid-state fermentation. In PANDEY, A.; LARROCHE, C.; SOCCOL, C. R.; Dussap, C. G. *Advances in Fermentation Technology*, Asiantech Publishers, New Delhi, p. 539-555. 2008.

RYNK, R. On-farm composting handbook. Ithaca, New York: Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 1992

SANTIN, A. P. *Estudo da secagem da inativação de leveduras Saccharomyces cerevisiae*. (Dissertação de Mestrado), Florianópolis: UFSC, 150p. 1996.

SANTOS, T. M. B.; LUCAS JUNIOR, J. Utilização de resíduos da avicultura de corte para a produção de energia. In: ZOOTEC, 2003; Congresso Internacional de Zootecnia/Congresso Nacional de Zootecnia, Uberaba, p. 131-141. 2003.

SCHULTEN, H. R. E SCHNITZER, M. Chemical model structure for soil organic matter and soils. *Soil Science, Baltimore*, J. 162, p.115-130. 1997.

SHARMA, V. K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA, G. Processing of urban and agro-industrial residues by aerobic composting: review. *Energy Conversion*, Oxford, v.38, n.5, p.453-478. 1997.

SIVAKUMAR, K.; KUMAR, V.R.S.; JAGATHEESAN, P.N.R.; VISWANATHAN, K.; CHANDRASEKARAN, K. Seasonal variations in composting process of dead poultry bird. *Bioresource Technol.* 2007. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17765540>>. Acessado em: 28/01/2010.

SILVA, A. L. L.; FRANCO, E. T. H.; WALTER, J. M.; BISOGNIN, D. A.; CALGAROT, N. S. Aclimatização de clones de *Dyckia maritima* em diferentes substratos - Bromeliaceae. *Bras. Agrociência*, Pelotas, v. 12, n. 4, p.495-498. 2006.

SILVA, F. C. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa, 1999.

SILVA FILHO, A. V.; SILVA, M. I. V. Importância das substâncias húmicas para a agricultura. *Anais do II Emepa - Simpósio Nacional sobre as culturas do Inhame e do Taro*. 2002 – Disponível em: < <http://www.emepa.org.br/anais/volume2/av209.pdf>>. Acessado em: 13/09/2010.

SILVA SANTOS, R. H.; SILVA, F.; CASALI, V. W. D.; CONDE, A. R. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1395-1398, nov. 2001.

SINGH, H. P.; SISHRA, M.; SAHOO, G. Effect of different methods of treatment of used litter on growth, feed efficiency and economies in broiler production. *Indian J. Prod. Manag.*, v.6, p.109-114. 1990.

SOLARZANO, G. Lista de discussão de resíduos sólidos urbanos. 1999.

SOUSA, H. U. *Efeito da composição e doses de superfosfato simples no crescimento e nutrição de mudas de bananeira (Musa sp) CV. Mysore obtidas por cultura de meristemas*. (Dissertação Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1994.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileir*, Brasil, v. 40, p. 1135-1139, 2005.

SOUZA, P. V. D.; SPIER, M.; SILVA, D. S.; SCHÄFER, G. Caracterização química de bagaço de cana-de-açúcar com diferentes tamanhos de partículas e períodos de compostagem. *VI Encontro nacional sobre substratos para slantas, Materiais regionais como substrato*. Setembro de 2008 - Fortaleza - CE - Realização: Embrapa Agroindústria Tropical, SEBRAE/CE e UFC. 2008.

SOUZA, C. S.; MIRANDA, R. C. M.; SENA, K. X. F. R.; ARAÚJO, J. M.; CHIAPPETA, A. A.; SOUSA, M. F. V. Q. Isolamento e seleção de microrganismos degradadores de derivados de petróleo. *3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás*, Salvador, outubro. 2005.

STENTIFORD, E. I. *The composting process applied to sewage sludges and source separated refuse*. In: *composting and compost quality assurance criteria*. Commission of the European Communities. Luxembourg. 1992.

STENTIFORD, E. I.; PEREIRA NETO, J. T.; MARA, D. D. Diversity of composting system. In: *Low cost composting – Research Monographs in Tropical Public Health*

Engineering. University of Leeds, Edited by D. D. Mara. March, 1996.

STEVENSON, F. J. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions. 2th ed. *John Wiley and Sons, Inc.*, New York, NY, 1994.

TAVARES, A. R.; GIAMPAOLI, P.; KANASHIRO, S.; AGUIAR, F. F. A.; CHU, E. P. Efeito da adubação foliar com KNO₃ na aclimatização de bromélia cultivada in vitro. *Horticultura Brasileira* 26: 175-179. 2008.

TAIWO, L. B.; OSO, B. A. Influence of composting techniques on microbial succession, temperature and pH in a composting municipal solid waste. *African Journal of Biotechnology*, Nairobi, v.3, n.4, p.239-43, 2004.

TEJADA, M.; GONZALEZ, J. L. Effect of foliar application of a byproduct of the two-step olive oil mill process on rice yield. *Eur. J. Agron.*, 21:31-40, 2004.

TIBAGI SISTEMAS AMBIENTAIS. *Compostagem acelerada: Metodologia Kneer*. 2008. Disponível em: <http://www.tibagiambiental.com.br/folder_kneer.pdf>. Acessado em: 17/11/2009.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y.; HODGKI, S. S. Effects of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter. *Environmental Pollution*, v.93, p.249-256, 1996.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y.; HODGKISS, I. J. *Salmonella* elimination during composting of spent pig. *Bioresource Technology*, Amsterdam, v63, p.193-196, 1998.

TORRES, P.; PÉREZ, A.; ESCOBAR, J. C.; URIBE, I. U.; IMERY, R. Compostaje de biosólidos de plantas de tratamiento de águas residuales. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.1, p.267-275, 2007.

TUOMELA, M *et al.* *Biodegradation of lignin in a compost environment: a review*. *Bioresource Technology*, Amsterdam, v72, p169-183, 2000.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. *Kyoto protocol*. 1998. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>>. Acesso em: 22 de outubro de 2009.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM JR, B. S.; CABRERA, B. R.; MORAES, P. O.; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o

desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. *Arch. Zootec.* 58 (R): 59-85. 2009.

VICTORIA, R. L.; PICCOLO, M. C.; VARGAS, A. T. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E. J. B. N., TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. Microbiologia do solo. *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas. p. 105-119. 1992.

VILLA, F.; PASQUAL, M.; ARAÚJO, A. G.; PIO, L. A. S. Micropropagação da amoreira-preta (*Rubus* spp.) e efeito de substratos na aclimatização de plântulas. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 28, n. 1, p. 47-52, 2006.

ZAGO, V. C. P.; VOLPE, E.; LEITE, K.; CASCONCELOS, P. C. Bioestabilização de compostagem de resíduos de farinha de mandioca e diferentes esterco: resultados preliminares. *Revista Brasileira de Agroecologia*. Vol. 3. Resumos do 2º Seminário de Agroecologia de Mato Grosso do Sul. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. 2008.

ZHANG, Y.; HE, Y. Co-compostig solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. *Bioresource Technol.*, 97: 2024-2031. 2006.

ZUCCONI, F.; BERTOLDI, M. Organic waste stabilization throughout composting and its compatibility with agricultural uses. In: WISE, D.L. Global bioconversions. CRC Press. Boca Raton. p. 109-137. 1986.

ZUCKER, W.V. Tannins: Does structure determine function? An ecological perspective. *American Naturalist*, Chicago, 121:335-365, 1983.

WALKER, D.J.; BERNAL, M.P. The effects of olive mill waste compost and poultry dropping manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. *Bioresour. Technol.* In press. 2007.

WEI, Z.; XI, B.; ZHAO, Y.; WANG, S.; LIU, H.; JIANG, Y. Effect of inoculating microbes in municipal solid waste composting on characteristics of humic acid *Chemosphere*, v.68, Issue 2, p.368-374. 2007.