



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
MESTRADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

DAIANNI ARIANE DA COSTA FERREIRA

**COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS BIODEGRADÁVEIS E SEUS EFEITOS NA
PRODUÇÃO DA ALFACE**

MOSSORÓ-RN

2016

DAIANNI ARIANE DA COSTA FERREIRA

**COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS BIODEGRADÁVEIS E SEUS EFEITOS NA
PRODUÇÃO DA ALFACE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como requisito para obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

Orientador: Prof. Dr. Nildo da Silva Dias

MOSSORÓ-RN

2016

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F383c Ferreira, Daianni Ariane da Costa .
Compostagem de resíduos biodegradáveis e seus
efeitos na produção da alface / Daianni Ariane da
Costa Ferreira. - 2016.
109 f. : il.

Orientador: Nildo da Silva Dias.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Manejo de Solo e Água, 2016.

1. Manejo de resíduos sólidos. 2. Nutriente. 3.
Hortaliças. I. Dias, Nildo da Silva, orient. II.
Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da Instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

DAIANNI ARIANE DA COSTA FERREIRA

**COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS BIODEGRADÁVEIS E SEUS EFEITOS NA
PRODUÇÃO DA ALFACE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como requisito para obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

Linha de Pesquisa: Manejo de Solo e Água na Agricultura.

Aprovado em: 24/06/2016

BANCA EXAMINADORA

Nildo da Silva Dias

Prof. Dr. Nildo da Silva Dias – (UFERSA)
Presidente

Vania Christina Nascimento Porto

Prof. Dra. Vania Christina Nascimento Porto – (UFERSA)
Primeiro Membro

Francisco Souto de Sousa Júnior

Prof. Dr. Francisco Souto de Sousa Júnior – (UVA)
Membro Externo

A minha mãe, Maria Nineldes pela dedicação,
amor e incentivo em todos os momentos da
minha vida.

Ao meu esposo Caio Cesar e ao meu filho Luis
Felipe, pelo amor e carinho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS por estar sempre ao meu lado. Sei que “tudo posso naquele que me fortalece”.

À minha mãe Maria Nineldes por todo amor, pela dedicação, pelos ensinamentos e apoio, ser meu exemplo de vida.

Ao meu esposo Caio Cesar, pelo apoio, paciência e incentivo durante esta caminhada. Obrigada pelo estímulo e colaboração em diversas etapas deste trabalho.

Ao meu filho Luis Felipe, presente de Deus, por ser luz em nosso lar e alegrar nossas vidas.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Nildo da Silva Dias por ter me adotado, pela confiança depositada, paciência, apoio e excelente orientação, mas, sobretudo, pela amizade e oportunidade concedida.

À professora Jeane Cruz Portela pela amizade, apoio e confiança depositados em mim.

À professora Eulene Silva pelas ideias e empenho no desenvolvimento do trabalho.

À minha amiga e companheira Ana Kaline da Costa Ferreira pela grande parceria e apoio em todas as fases desta pesquisa, sugerindo e mostrando sempre os melhores caminhos e métodos de análises. Obrigada!!!!

Aos amigos e técnicos de laboratório do LASAP, Elídio Barbosa, Francisco Souto e Antônio Carlos pela colaboração nas análises químicas, sugestões, ensinamentos e por toda a ajuda durante este percurso.

Aos amigos queridos Maria Valdete, Ana Cecília, Ana Cláudia, Karen Mariana, Adriana Diniz, Kaline Dantas, pelo apoio e colaboração em todos os momentos desta caminhada.

À equipe ACREVI pelo apoio e colaboração, pela certeza de que após estes dois anos de convivência nos tornaram amigos.

Às funcionárias Dona Edna e Lúcia pela disponibilidade e ajuda durante a condução das análises químicas.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido pela oportunidade para que eu realizasse este curso de pós-graduação.

À associação comunitária reciclando para a vida, pelo apoio e ajuda dos catadores na realização deste trabalho.

Ao Núcleo Macambira de Agroecologia pelo apoio financeiro.

RESUMO

A intensificação na produção de bens de consumo trouxe consigo o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos. Este assunto vem sendo trabalhado por várias áreas do conhecimento, saneamento básico, meio ambiente, inserção social que levam em consideração processos de triagem, reciclagem dos materiais e aproveitamento energético. A compostagem tem sido uma alternativa para reciclar o resíduo orgânico, utilizando os microrganismos para transformar a matéria orgânica em composto orgânico que pode ser utilizado em hortas, jardins e para fins agrícolas. Objetivou-se neste trabalho incentivar a implantação do processo de compostagem com resíduos sólidos urbanos e seus efeitos na adubação da alface. A primeira etapa da pesquisa foi desenvolvida no pátio da Associação Comunitária Reciclando para a Vida - ACREVI, município de Mossoró-RN, entre setembro e dezembro de 2015. Foi montada uma pilha em formato cônico, cuja dimensão 2,0 m de base, 1,6 m de altura e 2 m de diâmetro. Foram avaliadas as propriedades físicas, químicas e biológicas do composto produzido com podas de árvores, restos de alimentos e esterco bovino. A segunda etapa da pesquisa foi desenvolvida em ambiente protegido no campus oeste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró-RN, entre fevereiro e março de 2016. Foi utilizada a hortaliça alface do tipo Crespo, semeada em bandeja e transplantada 16 dias após a semeadura. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com três repetições e cinco tratamentos, sendo avaliados os efeitos de cinco combinações do composto orgânico produzido na primeira etapa, referentes às proporções de 20; 40; 60; 80 e 100% misturados ao substrato de fibra de coco. Foram avaliadas as variáveis de crescimento, absorção de nutrientes, produção e qualidade da alface produzida utilizando a compostagem de resíduos orgânicos. Este estudo permitiu o desenvolvimento de um processo natural para o tratamento de resíduos sólidos orgânicos com vista à adubação orgânica da alface. No processo de compostagem, a mistura de três fontes orgânicas favoreceu a produção do composto com excelente grau de maturação e isento de contaminantes químicos e microbiológicos. Na produção da alface, a adição das doses crescentes de composto orgânico influenciou no aumento do crescimento da alface, demonstrando a viabilidade da adubação orgânica em função da segurança ambiental e alimentar.

Palavras-chave: Manejo de resíduos sólidos. Nutriente. Hortaliças.

ABSTRACT

FERREIRA, D. A. C. **Composting of biodegradable waste and its effects on lettuce production.** 2016. 105f. Dissertation (Master in Management of Soil and Water) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2016.

The increase in production of consumer goods brought increased generation of municipal solid waste. This subject has been working for several areas of knowledge, sanitation, environment, social integration that take into account screening processes, recycling of materials and energy use. Composting has been an alternative to recycling organic waste using microorganisms to transform organic matter into organic compound which can be used in orchards, gardens and agriculture. The aim of this work to encourage the implementation of the composting process with municipal solid waste and its effects on lettuce fertilization. The first stage of the research was developed in the courtyard of the Recycling Association for Community Living - ACREVI, Mossoró-RN, between September and December 2015 a stack of conical shape was mounted whose size 2.0m base 1 6 m high and 2 m in diameter. We evaluated the physical, chemical and biological properties of the compound produced with tree pruning, food waste and manure. The second stage of the research was conducted in a protected environment in the west campus of the Federal Rural University of Semi-Arid (UFERSA) in Mossoró-RN, between February and March 2016. It was used the vegetable lettuce type Crespo, seeded in the tray and transplanted 16 days after sowing. The experimental design was a randomized complete block design with three replications and five treatments, and evaluated the effects of five combinations of the organic compound produced in the first stage, referring to the 20 proportions; 40; 60; 80 and 100% mixed with coconut fiber substrate. the growth variables were evaluated, absorption of nutrients, production and lettuce quality produced using the composting of organic waste. This study allowed the development of a natural process for the treatment of organic solid waste for organic fertilization of lettuce. In the composting process, the mixture of three organic sources favored the production of the compound with excellent degree of ripeness and free from chemical and microbiological contaminants. In the lettuce, the addition of increasing doses of organic compost influenced the increase of lettuce growth, demonstrating the viability of organic fertilizer on the basis of environmental and food safety.

Keyword: Solid waste management. Nutrient. Vegetables.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Contaminação do ambiente aquático (A); geração de maus odores e líquidos percolados - Chorume (B); e problemas de saúde pública (C).....	21
Figura 2 – Lixão de Cajazeiras.....	28
Figura 3 – Caminhão utilizado na coleta seletiva de Mossoró pelos catadores.....	31
Figura 4 – Separação manual dos resíduos na ACREVI.	32
Figura 5 – Representação esquemática do processo de compostagem.....	34
Figura 6 – Fases da compostagem.....	37
Figura 7 – Localização da Associação Comunitária Reciclando para a Vida – ACREVI.	51
Figura 8 – Resíduos orgânicos utilizados na compostagem: podas de árvores (A); restos de alimentos (B); e esterco bovino (C).....	52
Figura 9 – Recolhimento e trituração dos resíduos vegetais (A); restaurante popular Barriga Cheia (B); e esterco bovino da UFERSA (C).....	53
Figura 10 – Montagem da pilha de composto: camada de resíduo vegetal (A); camada de restos de alimentos (B); camada de esterco bovino (C); e pilha com 1,60 m de altura (D).	54
Figura 11 – Revolvimento manual (A); irrigação do composto (B); e cobertura de palha (C).	55
Figura 12 – Amostragem do composto pelo método de quarteamento da NBR10007/2004. ..	56
Figura 13 – Composto estabilizado (A); peneiramento do composto (B); material grosseiro produzido (C); e composto armazenado em sacos (D).....	57
Figura 14 – Monitoramento da temperatura: termômetro digital (A); topo (B); centro (C); e base (D).....	58
Figura 15 – Inspeção visual do composto (A); e dos microrganismos (B) e (C).	59
Figura 16 – Monitoramento da umidade conforme método de Lanarv.....	60
Figura 17 – Monitoramento do pH.	60
Figura 18 – Contagem dos microrganismos pelos métodos de tubos múltiplos e pelas placas petri: crescimento de coliformes totais (A); coliformes termotolerantes (B); bactérias mesófilas (C); e detecção de Salmonella (D).	68
Figura 19 – Ambiente protegido (A) e canaleta de PVC tipo trapézio (B).	69
Figura 20 – Transplântio das mudas de alface nas canaletas de PVC.	70
Figura 21 – Sistema de irrigação individual para cada tratamento.....	71

Figura 22 – Número de folhas (A); diâmetro da planta (B); e comprimento da parte aérea (C).	72
Figura 23 – Amostras da raiz e da alface retiradas das canaletas (A); amostras na estufa (B); e trituração da alface (C).	73
Figura 24 – Umidade e temperatura médias referentes aos meses de setembro a dezembro de 2015.	75
Figura 25 – Monitoramento da temperatura.	77
Figura 26 – Monitoramento da umidade.	77
Figura 27 – Monitoramento do pH.	79
Figura 28 – Monitoramento do carbono orgânico total (COT).	82
Figura 29 – Monitoramento do nitrogênio total (NT).	84
Figura 30 – Monitoramento da relação C/N.	85
Figura 31 – Teste da maturação ou cura: Amostra umedecida (A); teste da mão (B); e teste da bolota (C).	86
Figura 32 – Valores da produtividade da alface em relação à AP e NF em função das doses crescentes de composto orgânico.	88
Figura 33 – Valores dos teores dos nutrientes de nitrogênio (N), cálcio (Ca), magnésio (Mg), e cobre (Cu), em função das doses crescente de composto orgânico.	90
Figura 34 – Resultados das análises microbiológicas da alface hortaliças em função das doses crescentes de composto orgânico.	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características de resíduos domiciliares utilizados para compostagem.	44
Tabela 2 – Especificação de alguns dos parâmetros de controle para o composto orgânico. ..	46
Tabela 3 – Caracterização química utilizada para irrigação.	71
Tabela 4 – Teores dos macronutrientes do composto orgânico.	80
Tabela 5 – Micronutrientes e contaminantes químicos do composto orgânico.	81
Tabela 6 – Caracterização do carbono nos ácidos húmicos (C-AH), fúlvicos (C-AF), humina (H) para pilha de compostagem com lixo orgânico urbano ao longo de 90 dias.	83
Tabela 7 – Análise de variância de altura de plantas (AP); diâmetro da haste (DH); número de folhas (NF); massa fresca da parte aérea (MFPA); massa seca da parte aérea (MSPA); massa fresca da raiz (MFRAIZ) e massa seca da raiz (MSRAIZ), em função das doses crescente de composto orgânico.	87
Tabela 8 – Valores médios de produtividade e massa seca da parte aérea de alface em função das doses crescentes de composto orgânico.	89
Tabela 9 – Análises de variância para os teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe) e zinco (Zn), em função das doses crescente de composto orgânico.	89
Tabela 10 – Valores médios dos macronutrientes e micronutrientes da alface, em função das doses crescentes de composto orgânico.	92

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Instrumentos legais relacionados aos catadores.	27
Quadro 2 – Legislação de gestão de resíduos orgânicos no Brasil.....	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL.....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	19
3.1.1 Problemática dos resíduos sólidos.....	19
3.1.2 Classificação dos resíduos sólidos	23
3.2 GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	25
3.2.1 Gestão de resíduos sólidos.....	28
4 GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS	33
4.1 RECICLAGEM DO LIXO ORGÂNICO.....	34
4.2 FATORES QUE AFETAM O PROCESSO DE COMPOSTAGEM.....	35
4.2.1 Umidade.....	35
4.2.2 Temperatura	36
4.2.3 Aeração	37
4.2.4 pH.....	38
4.2.5 Relação C/N.....	39
4.3 METODOS DE COMPOSTAGEM.....	40
4.3.1 Método Windrow	41
4.3.2 Compostagem em leiras estáticas aeradas.....	42
4.3.3 Compostagem em reatores biológicos	42
4.4 QUALIDADE DO COMPOSTO	43
4.4.1 Legislação	44
5 A CULTURA DA ALFACE (Lactuca sativa).....	46
6 MATERIAL E MÉTODOS	50
6.1 LOCALIZAÇÃO E CLIMA DA ÁREA EXPERIMENTAL (I ETAPA)	50
6.2 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO (I ETAPA).....	51
6.2.1 Coleta e Montagem da pilha de compostagem.....	51
6.2.2 Coleta das amostras das pilhas para análise	55
6.2.3 Composto maturado	56
6.3 MONITORAMENTO DAS PILHAS	57

6.3.1 Monitoramento da temperatura.....	57
6.3.2 Monitoramento da umidade	58
6.3.3 Monitoramento do pH.....	60
6.3.4 Análises Físico-Químicas	61
6.3.5 Carbono Orgânico Total	61
6.3.6 Substâncias Húmicas	62
6.3.7 Nitrogênio Total	63
6.3.7.1 Digestão da amostra.....	64
6.3.7.2 Destilação da Amostra.....	64
6.3.7.3 Titulação do destilado.....	65
6.3.8 Relação C/N.....	65
6.3.9 Maturação ou Cura	66
6.3.10 Análises Bacteriológicas	67
6.4 CULTIVO DA ALFACE COM COMPOSTO ORGÂNICO (II ETAPA)	69
6.4.1 Análises Mineral	71
6.4.2 Análises Morfológicas.....	71
6.4.3 Colheita da alface.....	73
6.4.4 Análise Microbiológica.....	73
7 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	74
8 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
8.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DURANTE O EXPERIMENTO.....	75
8.2 MONITORAMENTO DA TEMPERATURA	76
8.3 MONITORAMENTO DA UMIDADE.....	77
8.4 MONITORAMENTO DO pH.....	78
8.5 TEORES DE MACRONUTRIENTES	79
8.6 TEORES DE MICRONUTRIENTES E CONTAMINANTES	80
8.7 CARBONO ORGÂNICO.....	82
8.8 SUBSTÂNCIAS HÚMICAS	83
8.9 NITROGÊNIO TOTAL	84
8.9 RELAÇÃO C/N.....	85
8.10 MATURAÇÃO OU CURA.....	85
8.11 MICROBIOLOGIA.....	86
8.12 ANÁLISES DE CRESCIMENTO DA ALFACE (EXPERIMENTO II)	87

9 COSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
REFERÊNCIAS.....	95

1 INTRODUÇÃO

A gestão dos resíduos é um dos maiores problemas enfrentados pelos gestores de cidades de países em desenvolvimento, além de ser um problema de saúde pública, qualidade ambiental e desenvolvimento econômico. Estima-se cerca de 1,3 bilhões de toneladas/ano de resíduos, mas com o processo de urbanização, este número pode crescer para 2,2 bilhões de toneladas/ano em 2025, o que representa um acréscimo de 70% na geração de resíduos sólidos urbanos. O gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos pode representar oportunidade para as cidades reduzirem a emissão de gases poluentes (CO_2 e CH_4) do efeito estufa, através do manejo adequado dos resíduos orgânicos biodegradáveis.

Nas grandes cidades do Brasil a disposição dos resíduos sólidos é destinada para lixões e aterros sanitários (IBGE, 2000), destes resíduos 60% são orgânicos. O grande problema ambiental da deposição destes resíduos em lixões e aterros é a elevada produção de líquidos percolados (chorume), que pode ser facilmente lixiviado e contaminar o ambiente aquático, lençol freático e o solo. No entanto, com a expansão e o adensamento das zonas urbanas, os problemas aumentaram, visto que a maioria das cidades brasileiras não acompanha o ritmo acelerado desse crescimento com infraestrutura sanitária adequada (REZENDE et al., 2013). O grande desafio das instituições governamentais é a destinação adequada dos resíduos orgânicos de forma a evitar impactos negativos ao meio ambiente, promovendo a implantação de um sistema de manejo diferenciado e de tratamento de resíduos sólidos, que promova a segregação nas fontes geradoras, minimiza os efeitos ambientais e maximiza os benefícios sociais e econômicos para população (ALBERTIN et al., 2010).

No cenário atual, é perceptível que a matéria orgânica gerada nas residências representa mais de 50% da massa do lixo coletado e disposto em aterros sanitários ou lixões, dos quais 3% foram destinados à reciclagem através do processo de compostagem (CEMPRE, 2010). Há ausência de uma estrutura de gerenciamento de resíduos deixa de utilizar a matéria orgânica de origem doméstica, proveniente, do desperdício de alimentos como insumo em agricultura orgânica, manutenção de parques, educação ambiental, como também, poderiam reduzir custos ambientais e financeiros.

A compostagem orgânica esta sendo uma alternativa que tem se apresentado como forma eficiente, uma vez que, melhora as condições do solo através da decomposição de restos de plantas, dejetos de animais, pela ação dos microrganismos e também das minhocas, podendo ser utilizada, principalmente em hortas, como também, em culturas de milho, feijão e

outras. É importante porque, quando adicionado ao solo promove vários benefícios, entre eles a adição de carbono (C) e nitrogênio (N) ao sistema e, melhora as suas características físicas, químicas e biológicas do composto e da planta. A compostagem é uma técnica que pode ser utilizado para transformar diferentes tipos de resíduos orgânicos em adubo, com a finalidade de acelerar com qualidade a estabilização (também conhecida como humificação) da matéria orgânica, além disso, podem agregar alto valor nutricional para a produção vegetal. É assim que, a cidade de São Paulo, vem desenvolvendo há mais de dois anos um projeto de compostagem domestica que se propôs inicialmente a compostar os resíduos orgânicos de 2.000 residências, tendo como objetivo diminuir em 20 anos 80% dos resíduos enviados ao aterro (PSP, 2014).

De acordo com Consoni et al (2000) a utilização da compostagem gera economia tanto na construção de aterro sanitário quanto no tratamento de efluentes, reduz cerca de 50% dos resíduos sólidos orgânicos urbanos destinados ao aterro, eliminando os patógenos, devido à competição entre as espécies microbianas a fatores antibióticos e, principalmente, à manutenção de alta temperatura por determinado tempo, transformando o resíduo em um fertilizante que melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo agrícola (CARTHY et al., 2011; BERNAL et al., 2009; PIRES, 2006). Além disso, a compostagem apresenta facilidade de manuseio e menor investimento inicial se comparado com outros sistemas de tratamento de resíduos orgânicos, assim possibilitando a utilização do lixo orgânico na agricultura e reduzindo os problemas ambientais, como também, sabe-se, que os efeitos da compostagem orgânica são bastante variáveis, dependendo da espécie utilizada, do manejo dado à biomassa, do tempo de permanência dos resíduos no composto, das condições climáticas, da interação entre os fatores como temperatura, umidade, aeração, e pH. O composto obtido a partir de resíduos orgânicos pode ser usado sem restrições em todas as culturas com benefícios importantes para a estrutura física, na vida e para fertilidade do solo (COUTO et al., 2008).

A agricultura orgânica se baseia na independência de fatores externos da propriedade (autossuficiência) e a ausência de produtos químicos, tornando-se necessário o desenvolvimento de substratos que atendam todas as exigências deste tipo de cultivo. Neste contexto, a produção orgânica de hortaliças resulta em vantagens mútuas para o homem e o meio ambiente, por meio da obtenção de alimentos saudáveis, produzidos de forma sustentável (SILVA et al., 2013).

A situação do município de Mossoró no estado do RN tem melhorado no que se refere à disposição final em aterro sanitário, porém, devido à expansão urbana a capacidade do aterro sanitário do município não satisfaz aos critérios físicos e ambientais. Devido a essa situação, tem surgido à implantação de parcerias da prefeitura municipal com associações de catadores, como é o exemplo da Associação Comunitária Reciclando para a Vida (ACREVI), fundada em 1999 que, desde então desenvolve um importante trabalho de reaproveitamento e reciclagem dos resíduos, além disso, esta parceria promove redução dos impactos ambientais dos resíduos sólidos, à geração de renda e melhoria da qualidade de vida dos associados a partir do tratamento adequado do lixo doméstico e comercial coletado.

Nesse contexto a viabilidade técnica de compostagem utilizando o método Windrow no reaproveitamento dos resíduos orgânicos, passam necessariamente pela eficiência com que os fatores como pH, temperatura, umidade, aeração e relação C/N são controlados ao longo do período de maturação e estabilização do composto. A aplicação da adubação orgânica no cultivo da alface constitui-se em uma rica fonte orgânica nutricional, melhorando a viabilidade ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Aproveitar os resíduos sólidos biodegradáveis por meios da compostagem com vista a sua utilização na adubação da alface.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir composto orgânico aproveitando restos de alimentos provenientes do restaurante popular Barriga Cheia do município de Mossoró, RN;
- Verificar a viabilidade de realizar o processo de compostagem com técnica simples, sem necessidade de centrais de triagem;
- Avaliar as propriedades físicas e químicas do composto produzido;
- Investigar os riscos de contaminação do composto por metais pesados;
- Determinar as características microbiológicas: patógenos humanos (coliformes termotolerantes e *Salmonella spp.*) do composto maturado;
- A germinação, a produção e as características microbiológicas: patógenos humanos (coliformes termotolerantes e *Salmonella spp.*) da alface (*Lactuca sativa* L.) adubada com composto de lixo orgânico;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

A Norma Brasileira NBR 10004/2004 define resíduos sólidos aqueles resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face de melhor tecnologia disponível.

3.1.1 Problemática dos resíduos sólidos

Na atualidade, o ser humano possui inúmeras necessidades, muitas delas satisfeitas, graças ao desenvolvimento da tecnologia, e ao processo de globalização. Todos os dias são inventados e fabricados objetos novos, para um número cada vez maior de consumidores. Resultado do incentivo ao consumo, refletido através da compra e troca constante de produtos, um grave problema se acentua: o excesso de dejetos, descartados no meio ambiente, resultantes do consumo desenfreado. Em decorrência desse consumo, ocorre o crescimento do volume de resíduos sólidos, conseqüentemente, agride de diversas formas o ambiente, como por exemplo, a poluição visual, natural, atmosférica, causando doenças, e ajudando na proliferação de mosquitos e outros agentes transmissores de doenças perigosas. Os resíduos sólidos são uma característica comum do meio urbano contemporâneo, não só de grandes metrópoles como também de pequenos municípios (DIAS et al., 2013).

A geração dos RSU é preocupante, não somente quanto à quantidade gerada, também, quanto à destinação final dos resíduos. De acordo com Abrelpe, em 2013, a geração total de RSU no Brasil foi de aproximadamente 76.387.200 toneladas, o que representa um aumento de 4,1%, índice que é superior à taxa de crescimento populacional no país no período, que foi de 3,7%. No Nordeste em 2013, os seus nove Estados, geraram a quantidade de 53.465 toneladas/dia de RSU, das quais 78,2% foram coletadas, no entanto, os dados coletados indicam crescimento de 4,5% no total e aumento de 3,4% na geração de RSU em relação ao

ano anterior. No entanto, pesquisas realizadas em 2013, revelaram dados que constatarem que apesar do aumento da coleta de RSU, diariamente mais de 20.000 toneladas deixaram de ser coletadas no país e, por consequência, tiveram destino impróprio (ABRELPE, 2013). O Rio Grande do Norte em 2013 gerou aproximadamente 2.912 toneladas/dia de RSU, os quais foram encaminhados para lixões ou aterros controlados, uma vez que ambos não possuem a destinação adequada, como, conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações (IBGE, 2013). Além disso, é perceptível que a produção e o consumo de produtos industrializados vêm acelerando a geração de resíduos sólidos (FERREIRA et al., 2012).

No âmbito mundial, cada vez mais são gerados RSU, causando desequilíbrio ambiental. As causas, ainda que conhecidas, são dificilmente evitáveis: o aumento da população, a concentração nos centros urbanos, a industrialização, assim, resultando no aumentando dos bens de consumo. Essa situação é problemática em várias regiões do mundo, onde não existem políticas públicas governamentais, no Brasil, ocorre à destinação inadequada de RSU em todas as regiões e estados, aproximadamente 60,0% do total, em 2013 ainda fizeram uso de locais inadequados para destinação final dos resíduos coletados (ABRELPE, 2013), onde a destinação final é geralmente lançada em lixão ou aterro sanitário sem tratamento (Figura 1), potencializando o risco de contaminação na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, pelos componentes químicos, físicos e biológicos contidos em recipientes descartados inadequadamente, sendo necessários soluções técnicas e investimentos em tratamentos (BRASIL, 2010).

Figura 1 – Contaminação do ambiente aquático (A); geração de maus odores e líquidos percolados - Chorume (B); e problemas de saúde pública (C).



(A)



(B)



(C)

Fonte: Pires (2014).

Diante dessa situação, no Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) através da Resolução Nº 404/2008 e o Ministério do Meio Ambiente (MMA) com a Lei 12.305/2010, estabeleceram resoluções que atribuem a competência de combate à poluição e à proteção do meio ambiente aos geradores que são responsáveis legais dos resíduos sólidos urbanos a responsabilidade de gerenciá-los desde sua geração até a destinação final. Essa responsabilidade refere-se ao gerenciamento de RSU, minimizando os problemas resultantes da disposição inadequada, implantando uma administração na produção e bens de consumo possibilitando a reposição desses materiais no meio ambiente, diminuindo os impactos gerados preservando a saúde pública e do meio ambiente (ALLGANER et al., 2006).

A legislação brasileira estabelece critérios para a destinação adequada de RSU, resultantes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, tanto relacionada aos seus geradores de pequeno porte quanto aos de grande porte, embora geralmente esses não possuam conhecimento necessário para gerenciar os RSU, como também não apresentam estrutura adequada para realizar esta atividade. Entretanto, vale ressaltar que a legislação é um instrumento que possibilita minimizar efeitos adversos que podem afetar a sociedade, tanto nas questões sanitárias, quanto nas ambientais ou ocupacionais (ALMEIDA, 2006).

No entanto, um dos maiores desafios do Brasil é à destinação final dos resíduos coletados, pesquisa revelou que 58,3% do volume de resíduos sólidos seguiram para aterros sanitários em 2013, ressaltando que os 41,7% restantes correspondem a 79 mil toneladas

diárias, que é encaminhado para lixões, agravando cada vez mais o problema ambiental, pois, poucos se diferenciam na destinação final dos resíduos sólidos, além disso, levantamentos recentes indicam que lixões, aterros sanitários e aterros controlados não possuem o conjunto de sistemas necessários para proteção do meio ambiente e da saúde pública (ABRELPE, 2013).

O aterro sanitário é um local destinado à deposição final de resíduos sólidos gerados em cidades de porte médio até 200 mil habitantes, este método atende as necessidades destas cidades, normalmente, por apresentar baixo impacto ambiental, diminuição da poluição, ser de fácil implantação e controláveis, além disso, possuem baixo custo de manutenção. Contudo, atende a necessidade do município, desde que haja uma conscientização e um comprometimento da população de separar os resíduos em suas residências, para recuperar e reciclar a partir da coleta seletiva, prologando a vida útil do aterro (MURGO, 2010). De acordo com Veras e Povinelli (2004), vários métodos de tratamento e disposição de resíduos estão sendo pesquisados em todo mundo, destacando-se os aterros sanitários, a compostagem, a incineração, a solidificação, entre outros.

A reciclagem é o processo que permitem separar, recuperar e transformar os materiais recicláveis dos resíduos sólidos em produtos de potencial utilidade. Dessa forma, será obtida a economia com a redução do consumo de água e energia, como também, a redução da emissão de gases. Entretanto, estudos têm demonstrado que no Brasil ocorreu aumento considerável no volume de reciclagem no país, porém, são necessários investimentos financeiros para que indústria transforme o lixo em insumo para outros produtos (KARPINSK et al., 2009).

A implantação da coleta seletiva é um elemento indispensável para viabilizar a recuperação dos materiais descartados e seu posterior encaminhamento para processos de reciclagem e aproveitamento, entretanto, um grande volume desses resíduos acaba descartado em vias públicas, assim, sendo necessário o engajamento da população na implantação do projeto, onde deve ocorrer a conscientização ambiental desta pela importância da reciclagem e reaproveitamento no próprio resíduo sólido no processo produtivo (PEREIRA, 2012).

No Brasil o processo de reciclagem é organizado com a colaboração efetiva de catadores, a participação socioprodutiva é fundamental no processo da coleta, separação reutilização e reciclagem do lixo. O trabalho que os catadores desenvolvem representa a coleta de 10 a 20% dos RSU, sendo assim de grande relevância social e ambiental. Estima-se que no Brasil existam entre 400 a 600 mil catadores de lixo, e que 10% participam de alguma organização coletiva, que são ao menos 1.100 em funcionamento, com cerca de 60%

funcionando nos níveis mais baixos de eficiência (BUNGE, 2013). A criação e o desenvolvimento de cooperativas de reciclagem trazem benefícios que resultam da coleta de materiais reutilizáveis e recicláveis, além da geração de renda para os trabalhadores envolvidos, pode-se citar: a contribuição à saúde pública e ao sistema de saneamento; o fornecimento de material reciclável de baixo custo à indústria; a redução nos gastos municipais e a contribuição à sustentabilidade do meio ambiente, tanto pela diminuição de matéria-prima primária utilizada, que conserva recursos e energia, como pela diminuição da necessidade de terrenos a serem utilizados como lixões e aterros sanitários (WIEGO, 2009).

3.1.2 Classificação dos resíduos sólidos

A ABNT NBR 10004 - Resíduos sólidos – Classificação - foi elaborada em 1987 e revisada em 2004. Considerando a crescente preocupação da sociedade com relação às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável, a ABNT criou a classificação de resíduos sólidos, visando a aperfeiçoá-la e, desta forma, fornecer ferramenta aos diversos setores envolvidos com o gerenciamento de resíduos sólidos. As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma (ABNT, 2004):

- NBR 10004 – Classificação
- NBR 10005 – Procedimento – Lixiviação
- NBR 10006 – Procedimento – Solubilização
- NBR 10007 – Procedimento – Amostragem

Os resíduos sólidos são classificados quanto a seus riscos ao meio ambiente e à saúde pública. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em sua NBR 10004/2004, classifica em três classes os resíduos quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio:

- Classe I – Resíduos Perigosos: São aqueles que, em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde pública através do aumento da mortalidade ou da morbidade, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada;
- Classe II – Resíduos Não-Inertes: são os resíduos que não apresentam periculosidade, porém não são inertes; podem ter propriedades tais como: combustibilidade,

biodegradabilidade ou solubilidade em água. São basicamente os resíduos que não se enquadram nas outras classificações de resíduos;

- Classe III – Inertes. Resíduos Inertes: Aqueles devido a características intrínsecas, não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente, aqueles que em contato com a água, ainda permanecerá potável. Muitos desses resíduos são recicláveis. Quando amostrados submetidos a teste de solubilização segundo a NBR 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, conforme listagem nº 8 (Anexo H da NBR 10.004), excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor.

A Lei 12.305/2010, em seu capítulo I, artigo 13º apresenta a classificação para os resíduos sólidos, dividindo-os em duas classes. Na primeira temos a divisão quanto à origem, que ficou definida como o principal elemento para a caracterização dos resíduos sólidos. Tendo como critério, os diferentes tipos de lixo que podem ser agrupados em várias classes (BRASIL, 2010):

a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;

b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;

c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nos resíduos domiciliares e de limpeza urbana;

d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os seguintes resíduos de: limpeza urbana, serviços de saneamento básico, serviços de saúde, construção civil e serviços de transporte;

e) resíduos dos serviços de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os resíduos sólidos urbanos;

f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;

g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária;

h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluído os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;

j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;

k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

Na segunda classe a divisão é apresentada quanto à periculosidade:

a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;

b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a”.

3.2 GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

O Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (GIRSU) consiste em um conjunto de operações do sistema de limpeza urbana, englobando etapas do sistema do saneamento ambiental até a disposição final dos resíduos sólidos, tendo por objetivo propiciar a melhoria da saúde, física, social e mental da comunidade, através da coleta, triagem, tratamento e destinação final adequada dos resíduos urbanos sólidos a nível municipal (LIMA, 2001).

As administrações públicas municipais têm se deparado com a necessidade de se adequar a política de gestão de resíduos, conforme a legislação ambiental, buscando qualidade ambiental e sustentabilidade. Além disso, o gestor deve desenvolver políticas que reduzam significativamente a quantidade de resíduos gerados, como também, implantar a ordem de prioridade no gerenciamento de resíduos sólidos, definida da seguinte maneira: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. A Lei 12.305/2010 que regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos destaca a implantação de sistemas de coleta seletiva nos municípios brasileiros e prevê em seu texto incentivo às organizações de catadores, assim como a participação delas na gestão integrada dos resíduos sólidos e na cadeia produtiva (BRASIL, 2010).

A implantação de sistemas de coleta seletiva vem se destacando como uma alternativa viável, promissora e ecologicamente correta, tanto para tratar adequadamente os resíduos sólidos domésticos, quanto na geração de emprego e renda aos catadores, como também, reduzindo à carga de resíduos destinados em aterros sanitários. Porém, tornando-se importante e necessário a caracterização e quantificação dos resíduos sólidos, para ser trabalhada corretamente sua destinação (SILVA et al., 2009)

O processo de separação dos materiais presentes nos resíduos sólidos urbanos é aplicado para a reutilização de seus componentes através da reciclagem. Sendo este um processo pelo qual o material que se tornariam lixo, será separado e processado, agregando valor econômico e possibilitando o reaproveitamento como matéria prima no processo de novos produtos (JACOBI e BENSEN, 2011).

É importante destacar que a administração pública pode operar através de coleta seletiva na cidade por diversos modelos de gestão de resíduos sólidos, desenvolvendo tanto iniciativas públicas quanto privadas. Por meio desses modelos, podem ser viabilizados melhores resultados em áreas degradadas e na destinação final dos resíduos. De acordo com Joia e Silva (2004), a necessidade e a importância da coleta seletiva, é uma etapa prévia ao processo de reciclagem, insere-se como estratégica no novo momento da economia mundial, caracterizado pelo respeito ao meio ambiente, pela participação da população e pela proposição de políticas de desenvolvimento sustentável.

Os municípios brasileiros enfrentam o desafio de realizar a implantação e a gestão de ações concretas para a demanda de resíduos sólidos urbanos, como também de gerenciar um programa de inclusão social e econômica dos catadores dos resíduos sólidos nas ruas e nos lixões a céu aberto, uma vez que, para grande parte dos municípios no Brasil é inviável a implantação de aterros sanitários devido ao seu alto custo de implantação e manutenção.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) propõe a formação de consórcios públicos para a gestão regionalizada com vistas a ampliar a capacidade de gestão das administrações municipais, por meio de ganhos de escala e redução de custos no caso de compartilhamento de sistemas de coleta, tratamento e destinação de resíduos sólidos em aterros sanitários, além disso, fortalecendo os princípios da gestão integrada e sustentável de resíduos (JACOBI e BENSEN, 2011). Dessa forma, a PNRS prevê em seu texto que as prefeituras responderão pelo recolhimento do lixo domiciliar e, pela coleta seletiva, porque são elas as primeiras responsáveis pelos resíduos gerados em seus municípios, como também, deveram implementar a integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis

(Quadro 1) nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (IPEA, 2013). De acordo com o Cempre (2011), os catadores têm um papel tão importante na cadeia produtiva da reciclagem que, cerca de 90% de todo o material reciclado no Brasil deve ter sido recuperado dos resíduos coletados por esse segmento social, no entanto, ao que se refere a gestão dos resíduos orgânicos, tanto as entidades oficiais responsáveis pela gestão destes resíduos, como as instituições não governamentais ainda buscam alternativas para o gerenciamento destes resíduos (SOUSA JUNIOR, 2011).

Quadro 1 – Instrumentos legais relacionados aos catadores.

LEI	OBJETIVO
Lei Federal n.º 8.666 de 1993 – Licitações e contratos da Administração Pública.	As associações e cooperativas de Catadores podem ser contratadas diretamente pelo Poder Público, sem enfrentar concorrência em licitações.
Lei Estadual n.º 13.766 de 2000.	Nos prédios onde funcionem órgãos e entidades do governo estadual será feita a separação dos resíduos recicláveis que, preferencialmente, serão doados a associações e cooperativas de Catadores.
Lei Estadual n.º 14.086 de 2001– FUNDIF e CEDIF.	O FUNDIF é um fundo para projetos de proteção dos direitos difusos. O meio ambiente e o bem-estar social são direitos difusos, e o trabalho dos Catadores colabora para garantir esses direitos.
Lei Estadual n.º 18.030 de 2009 – ICMS Solidário.	Incentivar os Municípios, entre outras ações, a cuidarem de seus resíduos, apoiando os Catadores de Materiais Recicláveis. Quem realiza essas ações recebe mais dinheiro recolhido através do ICMS.
Lei Estadual n.º 18.031 de 2009 – Política Estadual de Resíduos Sólidos.	O Estado e os Municípios deverão incentivar e apoiar os Catadores para que se organizem em cooperativas e/ou associações no serviço da coleta seletiva, com a inclusão social e econômica destes.
Decreto Federal n.º 7.404 de 2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos.	Na coleta seletiva e na logística reversa, será priorizada a contratação de associações e cooperativas de materiais recicláveis.

Decreto Federal n.º 7.405 de 2010 – Programas Pró-Catador	Visa promover e integrar ações empreendidas pelo governo federal voltada aos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, destinadas ao fomento e apoio a organização produtiva dos catadores, melhoria das condições de trabalho, ampliação das oportunidades de inclusão social e econômica e expansão da coleta seletiva de resíduos sólidos, da reutilização e da reciclagem por meio da atuação desse segmento.
Lei Federal n.º 12.305 de 2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos.	O plano de gestão integrada mostra como o Município deve lidar com os resíduos sólidos. Esse plano tem que dispor sobre a participação das associações e cooperativas na coleta seletiva.
Lei Estadual n.º 19.823 de 2011 – Institui a Bolsa-Reciclagem.	Receber um valor a ser repassado para as associações e cooperativas de Catadores, reconhecendo o benefício que esses trabalhadores trazem para a sociedade.

Fonte: Lima (2012).

3.2.1 Gestão de resíduos sólidos

Mossoró é o segundo município mais populoso do Rio Grande do Norte, situado na mesorregião do Oeste Potiguar, constituído apenas pelo distrito sede e considerada uma das cidades de médio porte brasileira (IBGE, 2014). Anteriormente o município não possuía estrutura organizacional de sistema de gerenciamento de resíduos sólidos, baseava-se em uma coleta convencional e destinação final em lixão a céu aberto (Figura 2).

Figura 2 – Lixão de Cajazeiras.



Fonte: Gazeta do Oeste (2015).

A coleta de lixo era realizada por caminhão compactador duas vezes por semana no perímetro urbano, mas não abrange todas as regiões do município, especialmente a zona rural. De acordo com Santos (2014) nas propriedades com acesso a este tipo de serviço, destacou-se a baixa frequência de visitas do “carro do lixo”, somente a cada oito dias. Segundo Ferreira et al (2012) a falta de coleta seletiva também é característica predominante na zona rural de Mossoró/RN, cabendo aos produtores a responsabilidade do destino final desses resíduos. Após a coleta dos resíduos sólidos urbanos, todo o material era destinado ao lixão a céu aberto das Cajazeiras, localizado no perímetro urbano do município de Mossoró, no bairro Santo Antônio. Os RSU não possuíam descarte adequado na área em questão, provocando riscos de poluição ambiental e comprometimento da saúde das pessoas que moravam próximas ao local, como também, daquelas que tiravam o seu sustento da catação e posterior comercialização de materiais presentes no lixo.

Atualmente, segundo a Secretaria de Serviços Urbanos, Trânsito e Transporte (SESUTRA) do município de Mossoró-RN, a prefeitura mantém um programa de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos que atende 97% da população, sendo executada diariamente na parte central da cidade e três vezes por semana em dias alternados nos demais bairros, no entanto, uma parte da zona rural ainda não possui acesso à coleta de lixo (SILVA, 2015). O município fez um diagnóstico e estabeleceu estratégias de adequação com a construção do Aterro Sanitário da Cidade de Mossoró, localizado a margem da BR-110 na saída para Areia Branca, sendo inicialmente gerenciado pela prefeitura municipal e posteriormente repassado a empresa privada Saneamento Ambiental LTDA (SENEPAV).

De acordo com dados do Diagnóstico do Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos (SNIS, 2013), os resíduos coletados são de tipo domiciliar, de construção civil, comercial, público, de varrição e de serviços de saúde, resultando aproximadamente num total de 54.260,20 toneladas, representando uma geração média per capita de 0,59 kg/habitante/dia de RSU coletados no município de Mossoró.

Mas, nos últimos anos, o poder público tem avançado nas questões voltadas para a gestão dos resíduos sólidos urbanos. Diante dessa situação, o aterro sanitário foi construído com a perspectiva de implantar a sustentabilidade ambiental no município de Mossoró, porém, a não existência de uma usina de triagem dificulta o gerenciamento da política dos 3R, ou seja, a reciclagem, reutilização e reaproveitamento dos resíduos gerados no município. Além disso, o manejo inadequado dos resíduos sólidos possibilita a redução da vida útil do empreendimento. Nesse sentido, as atividades de educação ambiental relacionadas aos

resíduos sólidos devem ser melhoradas, a partir da divulgação de um programa municipal de coleta seletiva permanente, para que a participação da população seja alcançada (JACOBI e BESEN, 2006).

O Meio Ambiente é direito fundamental de acordo com o preconizado pela Constituição Federal de 1988, em seu artigo 5º, inciso LXXII, definido como um bem de uso comum e essencial a qualidade de vida da população (BRASIL, 2005), dessa forma, a ação governamental estabeleceu padrões que possibilitou o desenvolvimento sustentável, utilizando-se tanto da implantação de processos de monitoramento quanto da manutenção do equilíbrio ecológico. Perante essa situação, é que a preservação, a recuperação e a revitalização do meio ambiente há de constituir uma preocupação da Administração Pública e, conseqüentemente, do direito, por que ele forma a ambiência na qual se move, desenvolve, atua e expande a vida humana (SILVA, 2002). No entanto, no Brasil os municípios assumiram a responsabilidade das tarefas de planejamento e gestão ambiental (PEREIRA NETO, 1987), como também, a responsabilidade de implantar soluções adequadas para o contexto local, aplicando tecnologias de baixo custo, uma vez que, torna-se urgente o gerenciamento adequado da destinação final dos resíduos sólidos urbanos.

O município de Mossoró no estado do RN possui uma área de 2.099,333 km², onde residem 284,288 habitantes, que produziram 53.973 toneladas de resíduos sólidos urbanos por ano (MOURA, 2011). Hoje no município de Mossoró a gestão dos resíduos sólidos é de responsabilidade da prefeitura, com a ajuda das associações de catadores de materiais recicláveis.

A ACREVI foi à primeira associação de reciclagem do município, por iniciativa de ações e implantação dessa atividade por parte da atual presidente da associação, a senhora Josefa Avelino da Silva a qual fundou a associação em meados de 1999, na qual buscava gerar empregos, renda e educação ambiental para a comunidade do bairro Nova Vida no município de Mossoró-RN. No entanto, a associação enfrentava dificuldades para atingir seus objetivos, como divulgar a necessidade de evitar o descarte adequado dos resíduos sólidos e também de fazer o processamento correto para aproveitar os resíduos coletados e gerar renda a partir deles, além disso, apesar de conhecida e aceita por várias instituições sociais e pelo governo local (prefeitura) a ACREVI não tinha infraestrutura apropriada e equipamentos adequados para a atividade de reciclagem e reaproveitamento dos materiais coletados. No início, a associação realizava a coleta de forma informal e não tinha local adequado para armazenar o lixo coletado, onde o mesmo era levado para a casa de Josefa (SOUSA JUNIOR,

2008). De acordo com Sousa Junior (2011), a Associação Comunitária Reciclando para a Vida – ACREVI se fortaleceu com a parceria firmada com a prefeitura, a qual disponibilizou um pequeno galpão, alguns equipamentos. Dessa forma, a associação assume uma parte do papel social da coleta e reciclagem de resíduos sólidos produzidos por parte da população municipal. A organização dos catadores que atuam em associações resultou no reconhecimento da atividade de catação pelo Ministério do Trabalho e incorporada ao Código Brasileiro de Ocupações (JACOBI e BESEN, 2006).

Ao longo do dia, os catadores associados realizam a coleta seletiva (Figura 3), na qual atende apenas entre 10 e 15% da população urbana, posteriormente, ocorre o processo de separação dos resíduos recicláveis, estes são separados de acordo com o tipo de cada material, plásticos, metais, vidro e papelão, onde estes são acondicionados em grandes sacolões e depois comercializados com empresas que realizam o beneficiamento (PMM, 2014). A associação possui um projeto para implantação de uma usina de triagem no município de Mossoró, na qual se firmou parcerias com o Banco do Brasil, com a prefeitura municipal e o Banco Santander, este projeto tem por finalidade disponibilizar um espaço adequado para os equipamentos, como também proporcionar condições dignas para os catadores trabalharem na separação e beneficiamento dos materiais recicláveis.

Figura 3 – Caminhão utilizado na coleta seletiva de Mossoró pelos catadores.



Fonte: Moura (2011).

Conforme Moura (2011), a ACREVI coleta aproximadamente uma tonelada por dia de resíduos, com o auxílio de três caminhões operados por um motorista e quatro ou cinco catadores, no entanto, apenas 30% destes são resíduos não recicláveis que são separados e destinados para o aterro sanitário. Em comparação com resíduos da coleta regular, a

quantidade de resíduos da coleta seletiva não tem valor significativo na diminuição dos resíduos destinados ao aterro sanitário, isso se dá pela pequena contribuição da população, por falta de comprometimento com a saúde ambiental e humana. Troschinetz e Mihelcic (2009) afirmam que quando a atividade dos catadores recebe o devido apoio, ajuda a combater sua exploração e discriminação, já que empregos são criados, a pobreza é reduzida, os custos de matéria-prima para as indústrias são minimizados, alguns recursos naturais são poupados, a poluição é diminuída e o meio ambiente é protegido.

Esta associação é composta em sua grande maioria por mulheres (Figura 4), na sua maioria de baixa escolaridade, mas mesmo assim, tornaram-se exemplo de sucesso no gerenciamento dos resíduos sólidos promovendo a coleta seletiva e a reciclagem, com base em princípios de sustentabilidade e da economia solidária, lutando por condições dignas de trabalho obtiveram o reconhecimento e valorização da sociedade (SOUSA JUNIOR, 2011).

Figura 4 – Separação manual dos resíduos na ACREVI.



Fonte: Moura (2011).

Na Associação Comunitária Reciclando para Vida (ACREVI), não há programas de reciclagem dos resíduos orgânicos biodegradáveis. Diante dessa situação, vem motivando a aplicação de técnicas que visam à reciclagem dos resíduos orgânicos. A compostagem é uma alternativa viável para reciclar o lixo orgânico produzido nas cidades, pois se constituem em uma rica fonte orgânica nutricional para a produção de espécie vegetal.

Diante do atual contexto da ACREVI, podemos identificar que, a associação caminha para uma gestão na coleta de resíduos orgânicos, em que se dá prioridade à cobertura de serviços de coleta de resíduos recicláveis, que deve incluir a coleta comum e a coleta seletiva, com o intuito de implementar o reaproveitamento do material reciclável. Porém, ressalta-se a

importância de haver maior preocupação por parte da administração municipal, no tocante à coleta seletiva, apesar da implementação da coleta domiciliar no município, os materiais recicláveis perdem valor de comercialização pelo contato com a matéria orgânica existente no lixo doméstico.

No entanto, esta problemática vem motivando a aplicação de técnicas que visam à reciclagem dos resíduos orgânicos. Na Associação Comunitária Reciclando para Vida (ACREVI), assim como na maioria das Associações de reciclagem no Brasil, não há programas de reciclagem dos resíduos orgânicos biodegradáveis, sendo comum à sua deposição em aterro sanitário, causando sérios problemas ambientais. Então, surgiu a necessidade de uma pesquisa-ação na ACREVI, com o objetivo reciclar e reaproveitar os resíduos orgânicos, através da técnica de compostagem, visando à utilização dos resíduos orgânicos para a produção de compostos destinados a adubação vegetal, como também, a viabilidade econômica, favorecendo uma alternativa de geração de renda para os associados da ACREVI.

4 GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS

No decorrer dos últimos anos, grande parte dos municípios brasileiros estão sofrendo com a degradação do meio ambiente urbano, realidade decorrente, dentre outros fatores, do processo de expansão e urbanização das cidades, conseqüentemente, ocorre o aumento da geração de resíduos sólidos orgânicos. Além disso, do total de resíduos urbano no mundo, cerca de 60% da sua composição são orgânicos, os quais são fontes de degradação ambiental.

De acordo com Teixeira (2013), os municípios devem implantar planos de gestão que tratem de questões como coleta seletiva, inserir os catadores nos processos de reciclagem, inclusão social e participação da sociedade civil durante a elaboração, implementação e monitoramento, estabelecendo, inclusive, meios de controle e fiscalização da sua implantação e operacionalização.

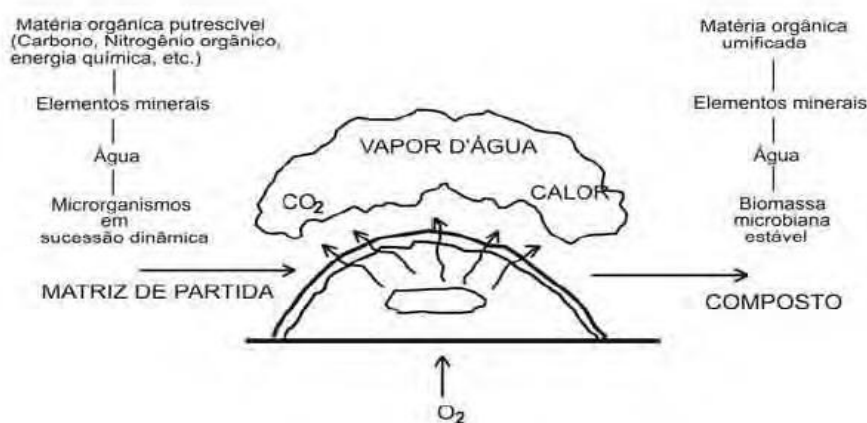
Perante esta situação, os resíduos sólidos orgânicos gerados no município de Mossoró poderiam ser transformados, via compostagem, em composto orgânico pelos catadores/recicladores da ACREVI, como alternativa de geração de renda para os associados da ACREVI, além do benefício do melhor gerenciamento dos resíduos orgânicos para o município de Mossoró, melhorando a qualidade de vida da população (SOUSA JUNIOR, 2011).

A compostagem é uma alternativa de reciclar o lixo orgânico produzido nos centros urbanos sem riscos de contaminação ambiental, além disso, constituem-se de uma rica fonte orgânica nutricional para a produção de espécies vegetal. Paiva (2011), o método de compostagem é uma alternativa de fácil implantação e requer pouco investimento de implantação e operação, mas requer cuidados com a qualidade sanitária do processo.

4.1 RECICLAGEM DO LIXO ORGÂNICO

A compostagem de restos de alimentos, que “consiste na estabilização biológica da matéria orgânica pela ação controlada de microrganismos, para transformá-la em compostos ou húmus, podem ser retornados ao solo, contribuindo para sua fertilidade” (MANO et al., 2010). Pesquisando o gerenciamento adequado dos resíduos orgânicos, Nascimento e Mothé (2007) verificaram que a aplicação de tecnologias apropriadas e ecológicas é uma ação de prioridade mundial, tanto para reduzir a utilização de recursos naturais e de desperdício, quanto da geração de resíduos e poluição. O resumo do processo de compostagem encontra-se na Figura 5.

Figura 5 – Representação esquemática do processo de compostagem.



Fonte: Vallini (1995).

Corrêa (2001), afirma que o processo compostagem é uma opção de reciclagem, resultando em um produto estável e com teores elevados de matéria orgânica e de nutrientes. Devido ao baixo custo e à facilidade operacional, a compostagem é o sistema mais utilizado em todo o mundo para a reciclagem de resíduos orgânicos (EPSTEIN, 1997). Entre os

benefícios advindos da implantação da compostagem pode-se destacar: o controle de poluição ambiental, a eliminação de patógenos, economia tanto no tratamento de efluentes quanto em energia através da valorização dos produtos, a produção de um composto que pode melhorar a estrutura do solo, podendo também limitar a necessidade de fertilizantes industrializados (PEREIRA NETO, 1996; LIMA, 2001; DENARDIN et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2014). O sucesso operacional da técnica de compostagem deverá respeitar princípios e limites de cada parâmetro relacionados à atividade biológica (BUTTENBERDER, 2004).

4.2 FATORES QUE AFETAM O PROCESSO DE COMPOSTAGEM

A palavra “compostagem” vem sendo muito utilizada para designar o fertilizante orgânico preparado a partir do processo de transformação de materiais grosseiros, como podas de árvores e estrume, em materiais orgânicos utilizáveis na agricultura, ricos em nitrogênio, carbono e nutrientes para as plantas (KIEHL, 1998). Entretanto, o composto orgânico não é apenas um amontoamento de restos animais e vegetais, é um processo que conduz essas matérias-primas, por processo de decomposição microbiológica, ao estado de parcial ou total de humificação (OLIVEIRA et al., 2008).

Segundo Kiehl (1998), o composto é resultado de um processo controlado de decomposição bioquímica do material orgânico por microrganismos, transformando toda matéria prima em um produto mais estável.

4.2.1 Umidade

A umidade tem por finalidade básica garantir a atividade microbiológica e atuar como agente decompositor da matéria orgânica. Importante indicador na escolha do processo de tratamento e para aquisição dos equipamentos de coleta (CEMPRE, 2000). Além disso, do ponto de vista metabólico, todo o nutriente necessário ao metabolismo celular precisa ser dissolvido em água, antes de sua assimilação (PEREIRA NETO, 1989).

O controle de excesso de umidade, muitas vezes negligenciado, é um fator necessário para o controle dos impactos gerados pela atividade (BUTTENBERDER, 2004), uma vez que a matéria orgânica decomposta é hidrófila e as moléculas de água se aderem fortemente à superfície das partículas, saturando seus macros e microporos (ECOCHÉM, 2004). É

importante ressaltar que elevados teores de umidade reduzem a penetração do oxigênio na leira, conseqüentemente, proporciona uma decomposição lenta, condições de anaerobiose, queda da temperatura, produção de mau cheiro, e constitui-se de meio para o desenvolvimento e proliferação de vetores e líquidos percolados.

Ressalta-se, porém, que baixos teores de umidade, menores que 40%, inibem a atividade microbiológica de degradação dos resíduos orgânicos (PEREIRA NETO, 1996), como também, afetam diretamente a temperatura (MARGESIN et al., 2006).

O teor de umidade ideal durante a compostagem deve situar-se na faixa de 40 e 65% da leira (INÁCIO e MILLER, 2009; TEIXEIRA, 2009). Dessa forma, a manutenção de teores nessa faixa de umidade é indispensável para se manter as perfeitas condições de velocidade de degradação associado as condições de aerobiose da leira.

4.2.2 Temperatura

A temperatura permite avaliar o equilíbrio biológico, refletindo na eficiência do processo de compostagem, contribuindo para a atividade metabólica dos microrganismos, a qual é diretamente afetada pelas características do meio (PEREIRA NETO, 1988; LI et al., 2008).

É importante manter sempre a temperatura adequada, entre 40 e 65 °C, ou seja, controladas para evitar a eliminação dos microrganismos mineralizadores, responsáveis pela degradação dos resíduos orgânicos. O valor médio ideal da temperatura nos processos de compostagem é de 55 °C (PEREIRA NETO, 2007). De acordo com Fernandes et al (1999), caso ocorra uma elevação da temperatura provocara um desequilíbrio em algum ou alguns dos parâmetros físico-químicos (pH, relação C/N, umidade, concentração de nutrientes) em decorrência da geração de calor limitando a atividade microbiológica.

O controle da temperatura envolve duas fases distintas, sendo a primeira a degradação ativa e a segunda de maturação (Figura 6). Para melhor compreensão da variação da temperatura na compostagem, foi identificada quatro importantes fases da temperatura durante o processo (BERNAL et al., 1998; TRAUTMANN e OLYNCIW, 2005):

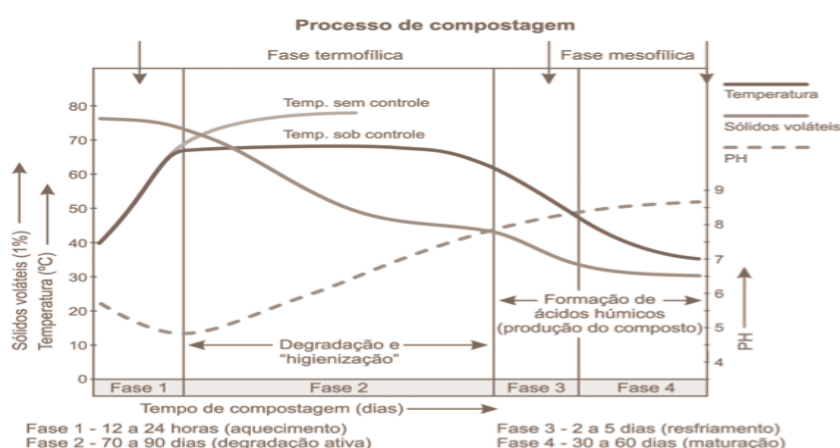
Fase 1 – Mesofílica: é a fase em que predominam temperaturas moderadas, até cerca de 40 °C. Tem duração média de dois a cinco dias;

Fase 2 – Termofílica: quando o material atinge sua temperatura máxima ($> 40^{\circ}\text{C}$) e é degradado mais rapidamente. Esta fase pode ter a duração de poucos dias a vários meses, de acordo com as características do material sendo compostado;

Fase 3 – Resfriamento: é marcada pela queda da temperatura para valores da temperatura ambiente;

Fase 4 – Maturação: é o período de estabilização que produz um composto maturado, altamente estabilizado e humificado, livre de toxicidade.

Figura 6 – Fases da compostagem.



Fonte: Pereira Neto (1996).

4.2.3 Aeração

A aeração é de fundamental importância para a oxidação biológica do carbono dos resíduos orgânicos, para que ocorra produção de energia necessária aos microrganismos que realizam a decomposição, sendo que a aeração depende da granulometria e da umidade dos resíduos (ORRICO, 2007). Parte dessa energia é utilizada no metabolismo dos microrganismos e o restante é liberado na forma de calor e CO_2 para a atmosfera (OLIVEIRA et al., 2008), que leva a um produto estável semelhante aos húmus de minhoca, denominado de composto orgânico (MASON e MILKE, 2005).

Baseado na disponibilidade de oxigênio, a compostagem pode ser classificada como aeróbia ou anaeróbia. No entanto, quando se busca a compostagem como tratamento de resíduos orgânicos, procura-se oferecer um ambiente aeróbio para que os microrganismos se

desenvolvam, diminuindo assim a emissão de odores e de gases causadores do efeito estufa como o metano e o óxido nitroso (VALENTE et al., 2009).

O processo de aeração das pilhas pode ser aplicado tanto pelo método tradicional de revolvimento manual quanto por revolvimento mecânico (forçado), fazendo com que as camadas externas se misturem às internas, que estão em decomposição mais adiantada (KIEHL, 1985; PEREIRA NETO, 1996; SILVA et al., 2001). De acordo com Costa (2005), a intensificação dos revolvimentos nas leiras diminui o tempo de compostagem.

Independente do material que será utilizado como substrato para o processo de compostagem, Lau et al (1992) recomendam que a aeração da pilha deve ser muito bem controlada, uma vez que um suprimento excessivo de ar pode fazer com que a perda de calor seja mais intensa do que a produção de calor microbiano.

Conforme estudos realizados por Kader et al (2007) com a compostagem de esterco bovino em leiras com e sem revolvimentos e, observaram que a leira revolvida apresentou durante o primeiro e segundo dia, temperaturas maiores do que as leiras não revolvidas. Entretanto, no terceiro dia de compostagem, a temperatura máxima no centro das pilhas foi similar para ambos os tratamentos, 75 e 78 °C, respectivamente.

Baseado nos estudos de alguns pesquisadores, a temperatura, a umidade, a oxigenação e os intervalo de dias são os parâmetros utilizados para determinar a frequência dos revolvimentos, já que expressam a atividade dos microrganismos no interior da massa (VALENTE et al., 2009).

4.2.4 pH

O pH do composto refere-se a sua capacidade de influenciar qualquer atividade microbiana. Rodrigues et al (2006), afirmam que o pH ótimo para o crescimento dos microrganismos durante o processo de compostagem situa-se entre 5,5 e 8,5, já que a maioria das enzimas se encontram ativas nesta faixa de pH. No entanto, Pereira Neto (2007) afirma que a faixa de pH considerada ótima para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela compostagem situa-se entre 4,5 e 9,5, sendo que os valores extremos são automaticamente regulados pelos microrganismos, por meio da degradação dos compostos, que produzem subprodutos ácidos ou básicos, conforme a necessidade do meio.

Segundo estudos realizador por Zhang e He (2006), com a compostagem de dejetos sólidos de suínos misturados com serragem, verificaram que inicialmente o valor do pH

encontra-se levemente ácido e, ao longo do processo torna-se alcalino, sendo que ao final torna-se novamente ácido, porém em valores próximos da neutralidade, sendo um importante indicativo de estabilização da biomassa. No entanto, Deon et al (2007) estudaram a compostagem da mistura de resíduos alimentares com restos de jardim e concluíram que o pH do composto, ao longo do período, permaneceu constante, em torno de 7,8. Todavia, os microrganismos se adaptam e têm atividade ótima em diferentes faixas de pH, cada mistura para compostagem vai influenciar na dinâmica microbiana.

4.2.5 Relação C/N

A relação carbono/nitrogênio (C/N) é um indicador importante da decomposição da matéria orgânica do composto, utilizado para avaliar os seus efeitos no crescimento microbológico, pois, interage com a atividade dos microrganismos heterotróficos envolvidos no processo (SHARMA et al., 1997), dependendo tanto do equilíbrio entre as taxas de mineralização e imobilização dependendo da quantidade de C no resíduo, quanto da relação carbono e nitrogênio (C/N) (SOUSA JUNIOR, 2011).

A relação C/N ideal para iniciar o processo de compostagem é frequentemente considerada entre 25/1 e 35/1 (ZUCCONI e BERTOLDI, 1986; LOPEZ-REAL, 1994; FONG et al., 1999; KIEHL, 2004). Dois terços do carbono são liberados como dióxido de carbono que é utilizado pelos microrganismos para obter energia e o outro terço do carbono em conjunto com o nitrogênio é utilizado para constituir as células microbianas. Além disso, observa-se que o protoplasma microbiano tem uma relação C/N próxima de 10, mas, para efetuar a síntese de 10 carbonos com um nitrogênio, e assim constituir o seu protoplasma, os microrganismos necessitam de 20 carbonos, aproximadamente, para obter energia. No entanto, estudos foram realizados para verificar o comportamento das relações C/N inferiores, onde o nitrogênio ficará em excesso e poderá ser perdido como amoníaco causando odores desagradáveis. Porém, pode-se constatar que para relações C/N mais elevada a falta de nitrogênio irá limitar o crescimento microbiano e o carbono não será todo degradado conduzindo a que a temperatura não aumente, e a que a compostagem se processe mais lentamente (OLIVEIRA et al., 2008).

Corrêa (1998) avaliou diferentes tipos de camas na criação de suínos, como casca de arroz, maravalha, sabugo de milho e serragem, e verificou que no alojamento dos animais, no primeiro lote, os materiais apresentaram, respectivamente, a relação C/N: 85/1; 513/1; 87/1 e

179/1, sendo que ao final de três lotes criados sobre as camas, os valores reduziram para 14/1; 15/1; 12/1 e 20/1, respectivamente. Entretanto, baseado nos resultados dos experimentos desenvolvidos, pode-se dizer que para alcançar uma relação C/N adequada é necessário misturar diferentes resíduos orgânicos (VALENTE et al., 2009).

4.3 METODOS DE COMPOSTAGEM

A minimização dos resíduos deve, primeiramente, focar o método adequado, escolhido em função da tecnologia de aeração e o material de mistura, o que restringe a fase inicial do processo de oxidação, para o qual a oxigenação é indispensável.

A operação de compostagem de resíduos sólidos urbanos depende basicamente do tipo de material coletado. Além disso, são aplicáveis a qualquer operação de compostagem, porém, algumas vezes o peneiramento não seja necessário (SHAUB e LEONARD, 1996; SOUSA JUNIO, 2011), as etapas classificam-se em:

- 1 – Resíduo bruto;
- 2 – Triagem, trituração e homogeneização;
- 3 – Compostagem;
- 4 – Maturação;
- 5 – Peneiramento;
- 6 – Utilização ou estocagem.

Segundo CEMPRE (2000), o processo de compostagem pode ocorrer através de métodos naturais e acelerados, de acordo com o tipo de aeração. Basicamente, os métodos de compostagem mais difundidos para o reaproveitamento de resíduos orgânicos são divididos em três tipos: Windrow, compostagem em leiras estáticas aeradas e compostagem em reatores biológicos.

Abaixo segue as vantagens e desvantagens do processo de compostagem:

Vantagens

- Valoriza o reaproveitamento da matéria orgânica contida nos resíduos domésticos, agrícolas e agroindustriais – ‘composto’ (utilização no solo como adubo);

- Melhora a estrutura do solo, como também, suas propriedades físicas, químicas, biológicas;
- Destinação útil aos resíduos orgânicos, evitando a sua acumulação em aterros sanitários ou lixões a céu aberto;
- Educação Ambiental.

Desvantagens

- Contato direto dos catadores com o lixo orgânico;
- Custos de recolha, transporte e reprocessamento;
- Necessidade de pessoal treinado para a operação;
- Necessidade de estudo de mercado para aplicação do composto.

4.3.1 Método Windrow

O método Windrow é um processo de compostagem natural, sendo necessário um local tecnicamente apropriado para que a fração orgânica do lixo seja levada e estocada em pilhas ou leiras de formato variável. Este método foi desenvolvido pelo Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental (LESA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e consiste em um método de compostagem simples, tanto economicamente viável para a reciclagem de resíduos orgânicos, quanto com flexibilidade operacional (BUTTENBERDER, 2004), mas requer, cuidados com a qualidade do processo.

O processo consiste na confecção de pilhas ou leiras com 1,5 a 3,0 m de base e 1,6 m altura (PEREIRA NETO, 2007). Seu comprimento pode variar de acordo com a quantidade de material disponível e espaço para revolvimento. A compostagem deve obedecer à proporção de 70% de material palhoso para 30% de resíduo orgânico. Conforme experiências do LESA/DEC/UFV, as pilhas devem ser revolvidas a cada três dias, além disso, favorece a atividade metabólica dos microrganismos, evita altos índices de temperatura durante o processo de compostagem, de aumentar a velocidade de oxidação, de diminuir a liberação de odores e reduzir o excesso de umidade de um material em decomposição (PEREIRA NETO, 1994; KIEHL, 2004). O Ipea (2012), verificou que o processo de tratamento da fração orgânica via compostagem vem sendo aplicada em todos os estados brasileiros, mas,

principalmente em pequenos municípios do estado de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro.

4.3.2 Compostagem em leiras estáticas aeradas

O processo de compostagem por Leiras Estáticas Aeradas (LEAs) foi desenvolvido em Beltsville, Maryland – USA, em 1975, sendo um método desenvolvido inicialmente para lodos de esgoto domésticos (KIEHL, 1998). Dessa forma, Stentiford et al (1996) afirmam que as LEAs tem sido uma das técnicas mais difundidas para o tratamento de resíduos orgânicos, por apresentar custos de operação similares ao processo "Windrow". Além disso, a aeração deve ser efetuada por meio de um túnel de ventilação para operar o sistema de insuflação/sucção do ar na massa em compostagem. No entanto, esse processo requer homogeneidade do material, uma vez que, procura-se fornecer uma efetiva dissipação das altas temperaturas na fase ativa de degradação, e a diminuição da granulometria para que permita a aeração em baixa pressão.

Segundo Pereira Neto (1990), a disponibilidade de oxigênio é atendida através da aeração forçada, acionada por sensores, que controlam o tempo de aeração ou pela fixação de operações de aeração em um período de aproximadamente 02 minutos, com 18 minutos de intervalo em regime de 24 horas. Neste sistema as leiras são montadas com materiais orgânicos sobre tubulações perfuradas, conectada a um soprador que injeta ar no interior da leira sob pressão ou por sucção.

4.3.3 Compostagem em reatores biológicos

A compostagem realizada em reatores biológicos consiste em um processo onde todos os resíduos são colocados em um sistema fechado, uma vez que, permitem o controle de todos os parâmetros do processo de compostagem. Nesse sistema, existem vários tipos de reatores, entretanto, são classificados em três categorias: Reatores de fluxo, fluxo horizontal e batelada (FERNANDES et al., 1999).

Baseado nos estudos de Fernandes et al (1999), se pode dizer que, a aeração é feita sob pressão, e ocorre em sistema fechado, é um fator que torna mais fácil monitorar a taxa de aeração e adequá-la às necessidades do processo. Como também, pode ser medido o teor de

oxigênio dos gases de saída do reator e quando a porcentagem de O₂ estiver próxima de 2%, aumenta-se a vazão de ar para impedir condições de anaeróbios.

4.4 QUALIDADE DO COMPOSTO

Para estimar a geração de resíduos orgânicos é necessário relatar os impactos ambientais provocados pela atividade antropica, Benites et al (2005), constataram que a adição da matéria orgânica pode influenciar na dinâmica do solo, possibilitando o reaproveitamento energético dos resíduos oriundos da atividade humana.

A compostagem é um método promissor na reutilização de resíduo sólido urbano, Barreira (2005), obteve em seus resultados uma série de benefícios socioambientais, como: geração de emprego e retirada dos resíduos da rota tradicional de descarte, além disso, produziu um composto utilizado de maneira segura e eficiente com quantidades mínimas de componentes fitotóxicos e contaminantes, livre de patógenos de plantas e animais.

As legislações brasileiras, com o intuito de garantir que os materiais comercializados como composto orgânicos sejam um produto de alta qualidade e seguro para todos os usos, deverão atender aos limites estabelecidos nos Anexos I, II, III, IV e V desta Instrução Normativa nº SDA/MAPA nº 27/2006 que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas (BRASIL, 2006).

Diante deste contexto, vem surgindo a crescente preocupação com a preservação dos recursos naturais e com a questão de saúde pública associada ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, bem como também, diagnosticar o despreparo das instituições governamentais em gerenciar as atividades de coletas, transporte e destinação final dos resíduos.

As características estabelecidas para os compostos orgânicos produzidos a partir de resíduos domésticos, segundo estudos realizados por He (2002), são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Características de resíduos domiciliares utilizados para compostagem.

Características	Variação
Densidade (g cm ⁻¹)	0,36 – 0,74
Capacidade retenção água (g kg ⁻¹)	130 – 3340
pH (água-composto 2:1)	6,90 – 8,10
CTC (cmol kg ⁻¹)	10,1 – 22,4

Fonte: He et al (2000).

4.4.1 Legislação

De acordo com a Lei Federal 12.305/2010, não será mais permitido o uso de lixões a partir de 2014 e os municípios deverão ter planos para que os aterros sanitários recebam somente rejeitos. A nova Lei define resíduo sólido reutilizável ou reciclável como “bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania” (art. 6º, Inciso VIII). Com tal propósito, a Lei pretende estimular os municípios e estados a desenvolverem planos municipais e regionais para o tratamento de todo o resíduo sólido emitido por cada município (SANTOS et al., 2012).

Segundo Cunha Queda (1999) qualidade dos compostos tem de ser mais abrangente, pois, além dos parâmetros propostos para avaliar a sua estabilidade e maturação, também têm de serem considerados outros parâmetros como, por exemplo, a concentração em metais pesados, pH, presença de patogênicos, presença de materiais inertes, entretanto, se os materiais a compostar não tiverem qualidade, o produto final será afetado. Numa avaliação global da qualidade dos compostos, devem ser considerados os aspectos relacionados com os impactos ambientais, agronômico e os relacionados com a estabilidade e a maturação dos compostos (CORDEIRO, 2010).

Hoje em dia, no Brasil a comercialização do composto orgânico utilizado como fertilizante é baseada no Decreto-lei 6.138/74, e deve obedecer às especificações existentes, que dispõem sobre a inspeção e a fiscalização da produção e comércio de fertilizantes e corretivos agrícolas e aprovam normas sobre especificações, garantias e tolerâncias (SOUSA JUNIOR, 2011). De acordo com os requisitos da legislação a reciclagem e o reaproveitamento dos resíduos orgânicos tem a finalidade de proteger a saúde da população e o meio ambiente.

Além disso, a legislação tem o poder para trazer mudanças positivas significativas para o atual estado de gestão de resíduos orgânicos no Brasil, dentre algumas das regulamentações para os fertilizantes orgânicos produzidos e comercializados no país, pode se citar no Quadro 2.

Quadro 2 – Legislação de gestão de resíduos orgânicos no Brasil.

LEI	OBJETIVO
Decreto-Lei 6.138 de 08/04/74.	Refere-se a estes fertilizantes agrícolas no seu artigo 13, ficando dispensado de registro: esterco curado, lixo fermentado, cinzas, turfas e outros resíduos.
Portaria do Ministério da Agricultura MA-84 de 29/03/82.	Aprova critérios e procedimentos a serem utilizados pela inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura e atribui à Secretaria de Fiscalização Agropecuária as incumbências de baixas normas relativas a garantias, especificações, tolerâncias e procedimentos para coleta de amostras de produtos e de adotar os modelos de documentos e formulários previstos nas disposições aprovadas por esta Portaria.
Decreto-Lei 86.955 de 18/12/82.	O composto orgânico é classificado como fertilizante composto, ou seja, fertilizante obtido por processo bioquímico, proveniente da misturados de resíduos minerais ou orgânicos.
Portaria 01 da secretaria de Fiscalização Agropecuária do MA de 04/03/83.	Aprovam as normas, garantias e tolerancias do produto, como também, esta portaria define alguns parâmetros que definem como o composto destinado à agricultura deve ser colocado a venda no mercado.

Fonte: Brasil (2010).

Em 14/01/2004 foi aprovado o Decreto-Lei 4.954, que regulamentou a inspeção e fiscalização de produção e comercio de fertilizantes a partir da Lei 6.894. A Tabela 2 apresenta alguns parâmetros de controles estabelecidos definidos pela legislação brasileira para os compostos orgânicos.

Tabela 2 – Especificação de alguns dos parâmetros de controle para o composto orgânico.

Parâmetro	Valor	Tolerância
pH	Mínimo de 6,0	Até 5,4
Umidade	Máximo de 40%	Até 44%
Materia orgânica	Máximo de 40%	Até 36%
Nitrogênio Total	Mínimo de 1%	Até 0,9%
Relação C/N	Máximo de 18/1	Até 21/1

Fonte: Brito (2008).

De modo geral, a legislação brasileira é bastante limitada em relação aos compostos orgânicos, apenas regulamenta a fiscalização e especificação de alguns parâmetros químicos para fertilizantes comercializáveis, no entanto, faltam critérios para a definição de uma legislação que limite os teores de metais pesados e presença de patogênicos no composto, que são especialmente preocupantes quando o composto é gerado com resíduo urbano e biossólidos provenientes de processos industriais (SOUSA JUNIOR, 2011).

5 A CULTURA DA ALFACE (*Lactuca sativa*)

A alface (*Lactuca sativa*) é uma planta herbácea, pertencente à família Asteraceae, originária da Ásia e trazida para o Brasil pelos portugueses no século XVI (PAIVA, 2011). É uma hortaliça típica de saladas, considerada como uma planta de propriedades tranquilizantes e que, devido ao fato de ser consumida crua, conserva todas as suas propriedades nutritivas (ANDRADE JUNIOR, 1997), principalmente, em vitaminas (A1, B1, B2 e C) e minerais como o ferro e o fósforo (FILGUEIRA, 2000; MENEZES et al., 2001).

Na atualidade, a alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil, tanto pela qualidade nutricional quanto pelo preço acessível ao consumidor, tendo como principais produtores os Estados de São Paulo e Minas Gerais, que responderam em 2006 com aproximadamente 90% da produção nacional (IBGE, 2006). Uma vez que vem crescendo o interesse da população pelo consumo de produtos orgânicos, o uso de adubação orgânica nesta cultura proporciona uma redução de custos e traz também uma redução do uso de agrotóxicos, visando uma produção sustentável, em consequência, uma reciclagem dos resíduos sólidos orgânicos urbanos e rurais.

A planta é herbácea, delicada, com caule diminuto, ao qual se prendem as folhas. Estas são amplas e crescem em roseta, em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não uma cabeça, com coloração em vários tons de verde, ou roxa, conforme a cultivar, e são essas características que determinam a preferência do consumidor. (FILGUEIRA, 2000).

Devido à facilidade de cultivo e precocidade de ciclo após o transplante, é cultivada por vários tipos de agricultores, sendo encontrada desde plantações com finalidade comercial, como também, plantações de subsistência.

O cultivo é realizado normalmente com um espaçamento de 0,25 a 0,30 m por 0,25 a 0,30 m, entrelinhas e entre plantas, respectivamente, sendo feito em patamares ou em canteiros (TRANI et al., 2014). O período de cultivo varia de 40 a 70 dias dependendo do sistema (semeadura direta ou transplante de mudas), época de plantio (verão ou inverno), cultivar utilizado e sistema de condução, no campo ou protegido (LIMA, 2007).

As cultivares de alface podem diferir quanto à duração do período vegetativo e florescimento, número de folhas e peso da planta sendo estes, influenciados pelo período e, principalmente, pela temperatura (OLIVEIRA et al., 2005).

Considerando-se os dados encontrados no trabalho realizado por Silva (2014), no Nordeste do Brasil o cultivo de alface é uma prática realizada em sua grande maioria por pequenos agricultores em caráter de exploração familiar, devido a sua facilidade e precocidade de ciclo após o transplantio, uma vez que, a maior parte dessas plantações se localiza próximo aos centros urbanos, pois a alface é bastante perecível. No entanto, estudos realizados pelo mesmo autor, verificaram que as condições climáticas têm efeito negativo no cultivo de alface na região semiárida, principalmente, por temperaturas elevadas, alta luminosidade e baixa umidade relativa do ar propiciando perdas consideráveis na produção e qualidade dessa folhosa. Em cultivo protegido, a alface apresenta alta produtividade e o produto possui qualidade e boa aceitação no mercado. Vários trabalhos apresentam resultados superiores de produção e qualidade em cultivo protegido comparado com a produção em cultivo sem proteção, ou seja, a campo (NUNES, 1986; CARDOSO e LOURENÇO, 1990; DANTAS e ESCOBEDO, 1998; RADIN et al., 2004), sendo o Estado de São Paulo responsável por aproximadamente 50% da área nacional de cultivo de hortaliças em ambiente protegido. Conforme Porto (2008), a alface por ser uma olerícola de ciclo curto e de sistema radicular superficial, é importante que o solo tenha capacidade de fornecer água e nutriente adequadamente para o desenvolvimento das plantas, podendo ser utilizados em diversas formas de cultivo como o convencional, orgânico e hidropônico.

No Rio Grande do Norte, o cultivo de alface é uma atividade pouco desenvolvida, quando comparada com outras regiões do país, devido ao uso de técnicas rudimentares a produção não atende a demanda interna. Os baixos rendimentos da produção da alface estão associados tanto ao baixo nível de tecnologia quanto à proteção da cultura contra as elevadas temperaturas e luminosidade na região (QUEIROGA et al., 2001). Além disso, o semiárido nordestino apresenta características de déficit hídrico para as plantas, em condições normais, com índice pluviométrico baixo e distribuição irregular das chuvas, tornando a irrigação uma tecnologia fundamental para a agricultura da região (HEINZE, 2002).

Apesar de ser uma prática bastante difundida, o interesse pela adubação orgânica tem aumentado nos últimos anos tanto por parte dos agricultores quanto por instituições de pesquisa e tais estudos têm demonstrado a eficiência do composto aplicado em cultivares de hortaliças aproveitando os resíduos orgânicos. Darolt (2003) afirma que há evidências da superioridade nutricional e menor risco toxicológico dos produtos orgânicos, porém, a adubação orgânica é uma opção alternativa ainda pouco explorada pela pesquisa científica. Conforme Rodrigues (1990), a eficiência do processo adubação orgânica no cultivo de alface baseia-se no ganho de produtividade e no aumento dos níveis de nutrientes na planta.

A utilização de resíduos orgânicos, especialmente na forma de composto, tem sido utilizada pelos agricultores do mundo inteiro por centenas de anos com o objetivo de aumentar a produção agrícola e a qualidade do solo, além de causar menores impactos edáficos, climáticos e econômicos (SILVA et al., 2013). Dessa forma, a compostagem é um processo de transformação biológica que pode ser utilizado para transformar diferentes tipos de resíduos orgânicos, como resíduos sólidos urbanos e resíduos sólidos agroindustriais em fertilizantes utilizáveis na agricultura que, quando adicionado ao solo, melhora as suas características físicas, físico-químicas e biológicas (LIMA, 2004).

A adubação orgânica aparece como uma das alternativas mais promissoras para um país essencialmente agrícola, como é o caso do Brasil, se destacando por permitir a reciclagem das moléculas orgânicas que têm função nutricional e também por diminuir o potencial poluidor e contaminante dos resíduos (DOMÍNGUEZ e GÓMEZ, 2010; GUIDONI, 2013). Consequentemente, o composto serve para enriquecer solos pobres, melhorando a sua estrutura e permitindo uma boa fertilidade, também aumentando a capacidade das plantas na absorção de nutrientes (macro e micro), fornecendo substâncias que estimulam seu crescimento (PARÁ, 2003).

Pesquisando a agricultura orgânica, Glissman (2001), verificou que a produção de alimentos de origem vegetal ou animal, sem a utilização de agrotóxicos e adubos minerais sintéticos ou outros agentes contaminantes, visa à maximização dos benefícios sociais e o da auto sustentação. De modo semelhante, Feiden (2001) trabalhando com agricultura orgânica, verificou que o ponto básico para manter o equilíbrio biológico e a ciclagem de nutrientes, é a aplicação no solo de resíduos orgânicos, produzidos na propriedade agrícola. Neste contexto, a produção orgânica de alface, além dos benefícios ambientais, pode oferecer vantagens como custo mais baixo por área e uma valorização média em torno de 20% em relação ao cultivo convencional (RESENDE et al., 2007). De acordo com Malavolta et al (1997), a maioria das propriedades brasileiras são de pequeno porte e os produtores não possuem recursos financeiros para suprir a demanda por insumos industriais, assim a implantação da técnica de compostagem é viável, baixo custo e em favor da saúde alimentar da população.

6 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho apresenta a técnica de compostagem como alternativa para o reaproveitamento do lixo orgânico. O estudo consistiu de dois experimentos: (i) a montagem da pilha de compostagem, utilizando resíduos orgânicos e vegetais, experimento desenvolvido na Associação Comunitária Reciclando para a Vida – ACREVI; e (ii) cultivo da hortaliça alface utilizando o composto orgânico maturado no experimento (i) conduzido em ambiente protegido na Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

6.1 LOCALIZAÇÃO E CLIMA DA ÁREA EXPERIMENTAL (I ETAPA)

A primeira etapa da pesquisa foi desenvolvida em ambiente aberto cedido pela Associação Comunitária Reciclando para a Vida – ACREVI, localizada na Rua Raniere B. Paiva, Bairro Nova Vida, município de Mossoró – Rio Grande do Norte, apresentando coordenadas geográficas de 5° 14' 9'' de latitude sul e 37° 18' 59'' de longitude oeste, e 18 m de altitude, sendo a primeira associação de catadores fundada em Mossoró. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSwh¹, seco e muito quente, caracterizado por precipitação pluviométrica bastante irregular, com média anual de 673,9 mm, com uma estação seca, que geralmente compreende o período de junho a janeiro e uma estação chuvosa, entre os meses de fevereiro e maio. A temperatura média é de 27 °C e umidade relativa do ar média de 68,9% (CARMO FILHO e OLIVEIRA, 1995). Na Figura 7 está apresentada uma imagem de satélite da área experimental.

¹BSwh: **classificação climática de Köppen**, é o sistema de classificação global dos tipos climáticos mais utilizada em geografia, climatologia e ecologia. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Classifica%C3%A7%C3%A3o_clim%C3%A1tica_de_K%C3%B6ppen-Geiger>. Acesso em: 15 jun. 2015.

Figura 7 – Localização da Associação Comunitária Reciclando para a Vida – ACREVI.



Fonte: Google maps (2015).

Na ACREVI foi realizada uma pesquisa ação em parcerias com o Programa de Pós-graduação do Manejo de Solo e Água e Pró-reitoria de Extensão Universitária da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Banco Santander, Prefeitura Municipal de Mossoró e o Núcleo Macambira de Agroecologia. Nesta associação foi implementado a produção de composto orgânico, além disso, foi escolhida por ser referência no reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos.

6.2 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO (I ETAPA)

6.2.1 Coleta e Montagem da pilha de compostagem

A pilha foi montada no pátio da ACREVI, diretamente no solo de terra batida. Para a produção do composto orgânico foi utilizado três fontes orgânicas, resíduos vegetais (podas de árvores), restos de alimentos e esterco bovino (Figura 8).

Figura 8 – Resíduos orgânicos utilizados na compostagem: podas de árvores (A); restos de alimentos (B); e esterco bovino (C).



(A)



(B)



(C)

Fonte: Copilação do autor (2015).

A coleta dos resíduos vegetais (podas das árvores) foi realizada pelo serviço de limpeza urbana do município de Mossoró, em seguida os resíduos vegetais foram previamente triturados em um moinho da marca Vermeer BC1000XL-85hp, para homogeneização e, posteriormente foram acondicionados em uma caçamba e levados para a associação comunitária reciclando para a vida, num total de aproximadamente 500 kg. Os resíduos orgânicos como restos de alimentos foram recolhidos pela coleta seletiva no restaurante popular Barriga Cheia do município de Mossoró, ocorrendo três vezes por semana, no período de quinze dias, armazenados em recipientes de polietileno com capacidade de 20 L, para facilitar o transporte e manuseio, enquanto o esterco bovino foi obtido no setor de bovinocultura da UFERSA, sendo acondicionado em caminhão caçamba e levado para a ACREVI (Figura 9).

Figura 9 – Recolhimento e trituração dos resíduos vegetais (A); restaurante popular Barriga Cheia (B); e esterco bovino da UFERSA (C).



(A)



(B)



(C)

Fonte: Copilação do autor (2015).

A montagem da pilha foi realizada seguindo o método Windrow proposto por Pereira Neto (2007), com aproximadamente 550 kg de resíduos orgânicos, apresentando formato cônico com dimensões de 1,60 m de altura e 2,00 m de diâmetro (Figura 10). A construção da pilha foi realizada manualmente e em camadas, inicialmente com a disposição de uma camada de resíduo vegetal seco de aproximadamente 30 cm, com podas de árvores trituradas, em seguida, regado com água proveniente da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) de maneira uniforme por toda a pilha, na segunda e terceira camada, foram colocados aproximadamente 5 cm de resíduos alimentares domésticos triturados e 5 cm de esterco bovino. Novamente, empilhou-se uma camada de 30 cm com resíduos vegetais, seguida por outra camada de resíduos alimentares domésticos triturados e esterco bovino, e assim sucessivamente até que a pilha atingiu aproximada de 1,60 m de altura.

Figura 10 – Montagem da pilha de composto: camada de resíduo vegetal (A); camada de restos de alimentos (B); camada de esterco bovino (C); e pilha com 1,60 m de altura (D).



(A)



(B)



(C)



(D)

Fonte: Copilação do autor (2015).

As pilhas foram preparadas na proporção de mistura de 70% de material vegetal para 30% de resíduo orgânico com peso total de aproximadamente 550 kg, sendo realizado o revolvimento manual e irrigada a cada três dias nos primeiros vinte dias, para diminuir a evaporação da água a pilha era com coberta com palhas de coqueiro (Figura 11), como também, realizou-se o monitoramento de fatores como temperatura, umidade e relação C/N, uma vez que, estão relacionados com a qualidade do composto orgânico (PEREIRA NETO, 2007).

Figura 11 – Revolvimento manual (A); irrigação do composto (B); e cobertura de palha (C).



(A)



(B)



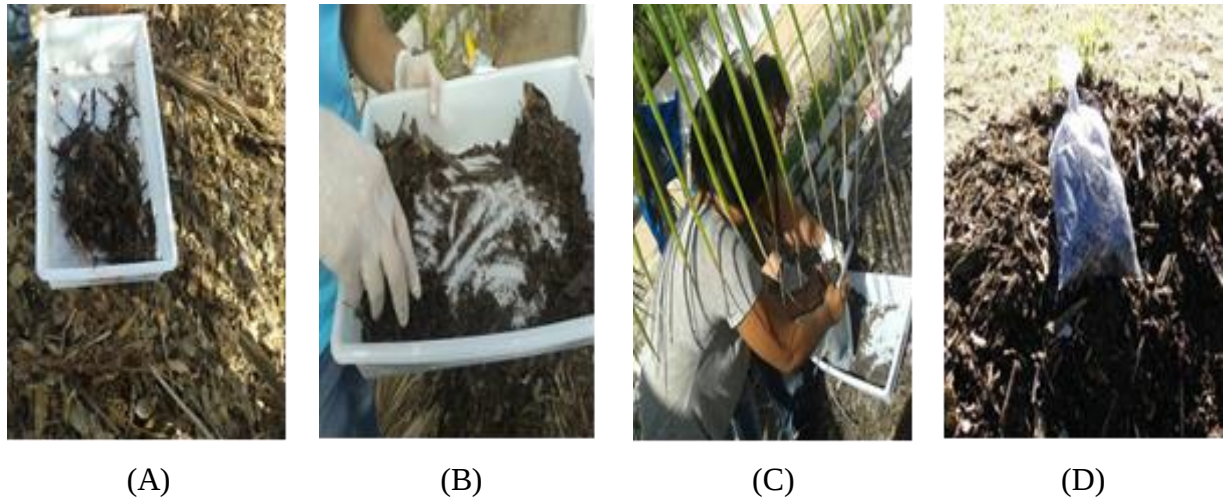
(C)

Fonte: Copilação do autor (2015).

6.2.2 Coleta das amostras das pilhas para análise

As coletas foram realizadas semanalmente seguindo o método de quarteamento, atendendo a NBR10007/2004 (ABNT, 2004), que consiste em utilizar uma pequena quantidade de material na forma de monte, misturar bem, e em seguida dividir o monte em quatro partes. A partir da amostra quarteada foram escolhidos dois montes diagonais, que posteriormente foram misturados entre eles (Figura 12). Este procedimento foi repetido semanalmente durante todo o experimento para a obtenção de aproximadamente 40 kg de amostra, em seguida, acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e enviadas para o laboratório de Água, Solo e Planta (LASAP) da UFERSA para a determinação das propriedades físicas, químicas e microbiológicas do composto orgânico.

Figura 12 – Amostragem do composto pelo método de quartejamento da NBR10007/2004.



Fonte: Copilação do autor (2015).

6.2.3 Composto maturado

Após o período de 90 dias (Figura 13), observou-se a degradação dos resíduos orgânicos usados na montagem da pilha, verificando-se a finalização do processo de compostagem, obtendo-se um produto estabilizado, sendo posteriormente peneirado para a separação do material grosseiro, o composto humificado foi acondicionado em sacos com a identificação do tratamento, a fração grosseira foi empilhada ao lado da caixa para ser reaproveitada na construção de outra pilha, em seguida, coletaram-se amostras para determinação da qualidade final do composto produzido.

Figura 13 – Composto estabilizado (A); peneiramento do composto (B); material grosseiro produzido (C); e composto armazenado em sacos (D).



(A)



(B)



(C)



(D)

Fonte: Copilação do autor (2015).

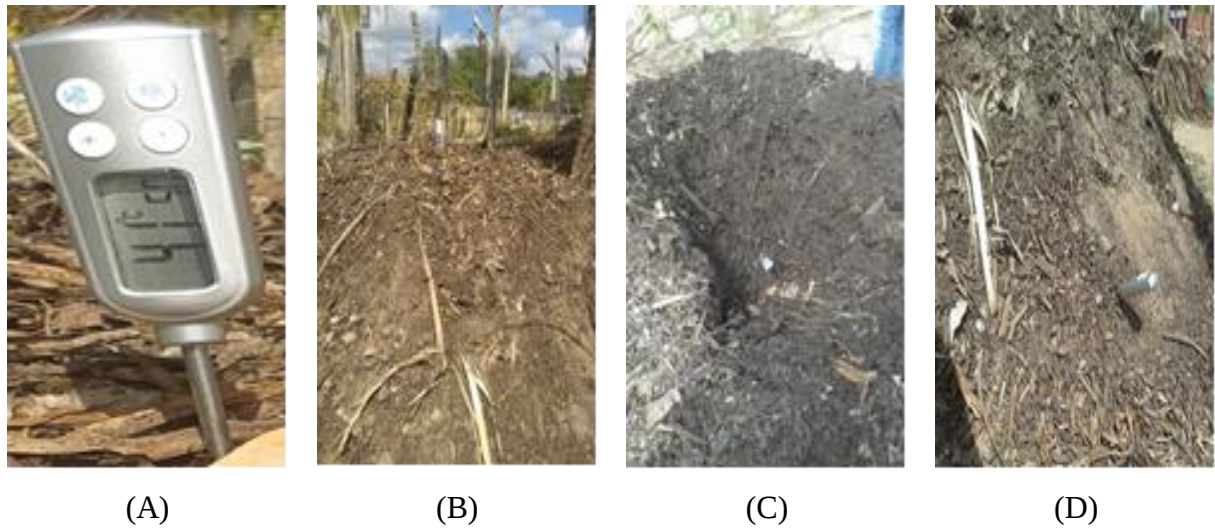
6.3 MONITORAMENTO DAS PILHAS

6.3.1 Monitoramento da temperatura

A temperatura da massa foi realizada a cada três dias nos primeiros vinte dias, e posteriormente foi medida semanalmente, utilizando-se de um termômetro digital marca INCOTERM, equipado com um termopar com escala de $-50 + 300\text{ }^{\circ}\text{C}$, resolução $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e exatidão acima de $200\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\%$ (Figura 14). A temperatura da massa foi medida em três

diferentes pontos da pilha: topo, centro e base, sendo considerada a média destas leituras. A medição deste parâmetro foi realizada sempre no período matutino.

Figura 14 – Monitoramento da temperatura: termômetro digital (A); topo (B); centro (C); e base (D).



Fonte: Copilação do autor (2015).

6.3.2 Monitoramento da umidade

O controle da umidade foi realizado três vezes por semana nos primeiros vinte dias do processo, e posteriormente, foi medido semanalmente utilizando dois métodos de determinação: o visual e a umidade a 65 °C.

A observação visual do material em compostagem consistiu em analisar o aspecto úmido ou seco, ou se a pilha apresenta mau cheiro (Figura 15). Através do tato, observa-se a umidade, pega-se com a mão um pouco de material do interior da pilha e comprima-a com bastante força, se não escorrer líquido, a umidade estará no ponto ideal.

Figura 15 – Inspeção visual do composto (A); e dos microrganismos (B) e (C).



(A)



(B)



(C)

Fonte: Copilação do autor (2015).

Para a determinação da umidade a 65 °C foram retiradas amostras durante o revolvimento das pilhas, as análises foram realizadas seguindo o método descrito por Lanarv (1988). Este método consiste em pesar uma amostra do composto (p), colocá-la em estufa a 65 °C (Figura 16) até a estabilização de peso (P1) e calcular o teor de umidade através da fórmula:

$$U_{65^{\circ}C} = \frac{100(P - P1)}{P}$$

(Equação I)

em que:

U_{65 °C} = Umidade na faixa de 65 °C

P = Massa inicial da amostra

P1 = Massa estabilizada da amostra.

Figura 16 – Monitoramento da umidade conforme método de Lanarv.



Fonte: Copilação do autor (2015).

6.3.3 Monitoramento do pH

Para a determinação do pH foi utilizado um pHmetro de propriedade do laboratório de rotina – LASAP da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. As análises foram realizadas a cada três dias, em triplicata, baseado na metodologia de análise de composto descrita por Lopes (1998). Então triturou-se a amostra e, em seguida, pesou-se 10 g da amostra triturada e misturou-se com 50 mL de água deionizada, agitou-se a mistura com um bastão de vidro por 5 minutos e deixou em repouso por 30 minutos, por fim mergulhou-se o eletrodo na solução em suspensão e realizou-se a leitura de pH (Figura 17).

Figura 17 – Monitoramento do pH.



Fonte: Copilação do autor (2015).

6.3.4 Análises Físico-Químicas

As análises dos parâmetros físico-químicos foram realizadas em triplicata no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizado em Mossoró-RN. Foram determinados os teores dos seguintes micronutrientes e contaminantes químicos do composto orgânico: Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, Ni, Cd e Pb, utilizando-se do espectrofotômetro de absorção atômica, modelo EAA 240 FS. As concentrações de P e K foram determinadas por calorimetria, utilizando-se espectrofotômetro de chama, modelo DR-62. Para a realização das análises dos parâmetros citados, foi utilizada a metodologia para fertilizantes e corretivos adotados nos controles oficiais dos principais insumos agrícolas consumidos no país (EMBRAPA, 2009).

6.3.5 Carbono Orgânico Total

Para avaliação do carbono orgânico total, foi utilizado o método de oxidação por via úmida, com aquecimento externo, proposto por Yeomans e Bremner (1988). As análises foram realizadas em triplicata, coletou-se uma amostra no início da compostagem e, posteriormente no decorrer do processo com 30, 60 e 90 dias, como também, uma amostra da fase final da maturação do composto. As análises foram realizadas em quatro etapas distintas do processo de compostagem, baseado na metodologia de análise de composto descrita a seguir: Inicialmente triturou-se 2 g da amostra do composto em almofariz, a amostra foi peneira em tela de 0,2 mm (60 mesh), em seguida, pesou-se 0,05 g da amostra do composto em triplicata e transferiu-se para tubos digestores, adicionou-se 5 mL de uma solução de dicromato de potássio 0,167 M e 7,5 mL de ácido sulfúrico concentrado com 50 mL de água destilada, os tubos foram transferidos para o bloco digestor, após um pré-aquecimento do mesmo a aproximadamente 170 °C, e foram mantidos no bloco, nessa temperatura, durante 30 min, após o resfriamento, transferiu-se o conteúdo de cada tubo para erlenmeyer de 250 mL, e o volume foi completado para 80 mL com água deionizada, adicionou-se de 3 a 5 gotas da solução indicadora e titulou-se com a solução de sulfato ferroso amoniacal 0,2 M, gota a gota, sob agitação, até o aparecimento do ponto de viragem, de verde para violeta ou vermelho intenso, anotou-se o volume de sulfato ferroso amoniacal 0,2 M gasto na titulação = V (mL). O Carbono Orgânico Total (dag kg^{-1}) é expresso pelas equações:

$$A = [(V_{ba} - V_{am})(V_{bn} - V_{ba}) / V_{bn}] + (V_{ba} - V_{am})$$

(Equação II)

em que:

V_{ba} = volume gasto na titulação do branco controle com aquecimento;

V_{bn} = volume gasto na titulação do branco controle sem aquecimento;

V_{am} = volume gasto na titulação da amostra;

$$COT (dagkg^{-1}) = \frac{(A)(molaridade)(3)(100)}{peso(mg)}$$

(Equação III)

em que:

COT = Carbono orgânico total

Molaridade = sulfúrica ferros

Peso = amostra (mg)

6.3.6 Substâncias Húmicas

Adotou-se a metodologia descrita por International Humic Substances Society (IHSS) (SWIF, 2001), para a separação das frações húmicas das frações recalcitrantes. As análises foram realizadas em triplicata, coletou-se uma amostra no início da compostagem e, posteriormente no decorrer do processo com 30, 60 e 90 dias, como também, uma amostra da fase final de maturação do composto, as amostras foram posteriormente trituradas, e em seguida, passadas em peneira de 60 mesh (0,210 mm) e submetidas ao fracionamento de substâncias húmicas. Após o fracionamento, determinaram-se os valores de ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas através do calculo do diferencial de solubilidade em soluções ácidas e alcalinas. Ao término desse processo, os valores de C e substâncias húmicas, foram determinados pelo somatório de todas as frações húmicas, os cálculos são expressos através das equações abaixo:

$$A_{FAF,FAH} = [(V_{ba} - V_{am})(V_{bn} - V_{ba}) / V_{bn}] + [(V_{ba} - V_{am})]$$

] (Equação IV)

em que:

Vba = volume gasto na titulação do branco controle com aquecimento;

Vbn = volume gasto na titulação do branco controle sem aquecimento;

Vam = volume gasto na titulação da amostra;

$$CO_{FAF,FAH} (dagkg^{-1}) = \frac{(A)(molaridade)(3)(100)(VT)}{(VA)(peso)}$$

(Equação V)

em que:

3 = resultado da relação entre o número de mols de $Cr_2O_7^-$ que reagem com Fe^{2+} (1/6) multiplicado pelo número de mols de $Cr_2O_7^-$ que reagem com o CO (3/2), multiplicado pela massa atômica do C (12);

100 = fator de conversão de unidade ($mg\ mg^{-1}$ para $dag\ Kg^{-1}$)

VT = volume total obtido na extração de cada fração (mL);

VA = volume de extrato utilizado para determinação do C (mL);

Peso da amostra = quantidade de composto orgânico utilizada na extração das substâncias húmicas (mg).

6.3.7 Nitrogênio Total

A determinação do nitrogênio total (NT) das amostras do composto foi analisada pelo método de destilação úmida em sistema aberto, utilizando o bloco digestor, (TEDESCO et al., 1995). O método clássico Tedesco compreende duas etapas: (1) digestão da amostra para converter nitrogênio orgânico a íon amônio ($N-NH_4^+$) e (2) determinação do $N-NH_4^+$ digerido, após destilação por arraste de vapor, seguido de titulação com ácido sulfúrico a 0,05 N e, posteriormente quantificado. As análises foram realizadas em triplicata, coletou-se uma amostra no início do processo da compostagem e, posteriormente no decorrer do processo com 30, 60 e 90 dias.

6.3.7.1 Digestão da amostra

A digestão foi realizada em bloco digestor através da utilização de 0,2 g da amostra digerida em um tubo digestor, por meio da adição de 1,5 g de catalisador (mistura com 96% K_2SO_4 e 4% $CuSO_4 \cdot 5H_2O$), 5 mL de ácido sulfúrico concentrado, evitando que a amostra e os reagentes toquem as paredes do tubo. Na sequência, foi iniciada a digestão com a elevação gradual da temperatura até 230 °C e, em seguida, os extratos foram retirados do bloco e resfriados até a temperatura ambiente. Posteriormente, foi acrescentado 5 mL de peróxido de hidrogênio a 30% e deixado em repouso por 10 minutos. Porém, quando não ocorria um clareamento das amostras no tubo de digestão, era adicionado 5 mL de peróxido de hidrogênio, seguindo o mesmo procedimento de aquecimento, até a mistura ficar transparente. Ao término do processo, as amostras foram resfriadas a temperatura ambiente, e adicionado vagarosamente, sob agitação, até completar 40 mL de água destilada.

6.3.7.2 Destilação da Amostra

Adicionou-se 10 mL de solução de ácido bórico a 2% em um erlenmeyer, em seguida, foram adicionados 4 gotas de solução de alaranjado de metila a 0,2% e 6 gotas de solução de verde de bromocresol a 0,2%. Essa solução foi transferida utilizando-se um dispensador de líquidos dedicado à solução de ácido bórico. Para que o bico do condensador fique submerso na solução de ácido bórico, evitando a perda de nitrogênio não condensado, foi regulada a altura da mesa através do parafuso com canopla presente na mesa. O tubo de digestão com o produto digerido foi acoplado ao bocal apropriado para que não houvesse vazamento de nitrogênio. Foi adicionado 11 mL de solução de NaOH a 40% no copo de soda do destilador, em seguida ligou-se o destilador e a vazão de água, iniciando-se assim a destilação. Coletou-se cerca de 100 mL no erlenmeyer da amostra condensação contendo o ácido bórico e a mistura indicadora. Terminado o processo, o aquecimento foi diminuído. Retirou-se o tubo de destilação e o erlenmeyer foi substituído por um Becker, sendo necessária a realização da limpeza do interior do destilador antes de inserir outra amostra.

6.3.7.3 Titulação do destilado

A titulação foi realizada com uma bureta, em seguida, lavada 3 vezes com solução de HCl 0,05 N, devidamente padronizado, enchendo-a completamente com a solução de HCl e zerando a mesma com os devidos cuidados para evitar a presença de bolhas. Na titulação da amostra destilada utilizou-se a solução padronizada de HCl 0,05 N. O volume de ácido gasto para viragem foi anotado para que fosse possível calcular a concentração de nitrogênio total presente na amostra.

O nitrogênio foi calculo a partir da equação VI:

$$\%NTK = \frac{V_{HCL} \times N_{HCL} \times 0,014}{MA \times 100}$$

(Equação VI)

em que,

%NTK = Teor de NTK na amostra (%);

V_{HCl} = Volume de HCl gasto na titulação (mL);

N_{HCl} = Normalidade do HCl (N);

MA = Massa da amostra em (g).

6.3.8 Relação C/N

Para calcular o teor de matéria orgânica e nitrogênio foram realizadas 4 coletas de amostras ao longo da fase de degradação. As análises foram feitas no laboratório de Solo, Água e Planta da UFERSA.

As análises foram realizadas seguindo o Método desenvolvido por Lanarv (1988) e, segundo este, o teor de matéria orgânica possibilita calcular a porcentagem de carbono e nitrogênio e, conseqüentemente, a relação C/N, a partir das equações VII e VIII:

$$\%C = \frac{MO}{1,8}$$

(Equação VII)

$$C / N = \frac{\%C}{\%N}$$

(Equação VIII)

em que,

MO = teor de matéria orgânica;

1,8 = fator relacionado com a porcentagem de carbono na matéria orgânica;

C/N = relação carbono/nitrogênio;

%C = porcentagem de carbono;

%N = porcentagem de nitrogênio.

No início do processo da compostagem coletou-se a primeira amostra para análise, consistia em resíduos orgânicos misturado com o material vegetal (podas de árvores) e, após 30, 60 e 90 dias do período de compostagem. Foi coletada uma amostra da pilha de compostagem para análises de matéria orgânica e nitrogênio total

6.3.9 Maturação ou Cura

Para determinação da maturação do composto, foram utilizados alguns testes visuais durante o processo de compostagem, os testes foram descritos por Kiehl (2002) e, encontram-se descritos a seguir:

Teste da mão – Pegaram-se pequenas amostras, moldando-se com as pontas dos dedos e esfregou-se contra as palmas das mãos, e as palmas das mãos ficaram revestidas de uma pasta preta gordurosa (húmus coloidais), com aspecto de “graxa preta”.

Teste da bolota – Com uma amostra umedecida, formou-se com as mãos uma bolota um pouco maior que uma bola de pingue-pongue. O teste consiste em passar várias vezes esta bolota de uma mão para outra, atirando-a de pequena altura sem que ela se desfaça. Se o composto não estiver curado, sem o coloide húmus, a bolota não resiste a estes pequenos impactos.

6.3.10 Análises Bacteriológicas

A avaliação da qualidade microbiológica do composto orgânico foi determinada pela contagem dos microrganismos presentes na pilha de compostagem realizada pelo método do número mais provável (NMP) também conhecido como método de tubos múltiplos (Figura 18). As análises foram feitas pelo Laboratório de Inspeção de Produtos de Origem Animal (LIPOA) da Universidade Federal de Rural do Semi-Árido (UFERSA). Inicialmente avaliou-se a presença de coliformes totais, assim, pesou-se 25 g da amostra e preparou-se a diluição em 225 mL de água pepitonada 0,1%, em seguida realizou-se uma nova diluição 1:10, posteriormente, retirou-se 0,5 mL dessa diluição e transferiu para tubos contendo 10 mL de Caldo Lauril Sulfato de Sódio (LST) com tubos de Durhan invertidos, os quais foram posteriormente incubados de 35 °C por 24 horas. Nos tubos que apresentaram formação de gás no Caldo LST, tiveram alíquotas semeadas em tubos contendo 5 mL de Caldo verde brilhante 2% (VB) contendo tubos de Durhan invertidos para o crescimento de coliformes totais. Na sequência do experimento, avaliou-se a presença de coliformes termotolerantes usando os tubos positivos para VB foram transferidos para tubos contendo caldo com *Escherichia coli* (E.C.), e em seguida, foram deixados em banho-maria a 45 °C durante 24 horas. Logo, observou-se que as bactérias analisadas, possuem a capacidade de turvar o meio e formarem gases no interior dos tubos de Durhan. Os resultados foram analisados na tabela do Número Mais Provável (NMP). Os experimentos foram realizados em triplicata, em amostras do composto humificado.

A detecção da *Salmonella* foi realizada pelo enriquecimento dos meios líquidos seletivos dos seguintes caldos: Rappaport vassiliadis, selenito-cistina e tetrationato (Figura 18). Este método se baseia na utilização de meios que contêm substâncias de ação impediante do crescimento para a maioria dos microrganismos interferentes e na incubação em temperatura seletiva. Inicialmente, pesou-se 25 g de amostra do composto e diluído em 225 mL de solução salina, posteriormente incubadas a 36 °C por 18 horas, em seguida preparou-se três diluições em tubos com 0,1, 1,0 e 1,0 mL dos caldos de rappaport, selenito e tetrationato, respectivamente, os quais foram deixados em banho Maria a 41 °C durante 24 horas. Na sequência, foi realizado o isolamento dos caldos seletivos de enriquecimento, transferindo o material em análise para uma placa petri e, em seguida, alíquotas foram semeadas sobre a superfície previamente seca e repicou-se com cada meio sólido seletivo, estriando de forma a se obter colônias isoladas. Obtendo-se 2 placas de BPLS, as quais foram incubadas e,

posteriormente invertidas, a 36 ± 1 °C durante 24 horas. Os resultados são expressos em Ágar, se as colônias se apresentam cor vermelha, rosa claro, cor de pêssego ou amarela gema. A manutenção da cor inicial do meio indica que não ocorreu hidrólise da uréia. A alteração para rosa intenso é indicativa de alcalinização do meio devido à ação da urease sobre a uréia. Lembrando-se que a *Salmonella* não produz uréase.

Figura 18 – Contagem dos microrganismos pelos métodos de tubos múltiplos e pelas placas petri: crescimento de coliformes totais (A); coliformes termotolerantes (B); bactérias mesófilas (C); e detecção de *Salmonella* (D).



(A)



(B)



(C)



(D)

Fonte: Copilação do autor (2015).

6.4 CULTIVO DA ALFACE COM COMPOSTO ORGÂNICO (II ETAPA)

A segunda etapa do trabalho experimental foi realizada em ambiente protegido, localizado no campus oeste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró-RN, entre fevereiro e março de 2016. A alface foi cultivada em ambiente do tipo capela constituída por piso de terra batida, com pé direito de 3,0 m, 20,0 m de comprimento e 14,0 m de largura, coberta com filme de polietileno de baixa densidade com aditivo ultravioleta e espessura de 150 μm , protegida nas laterais com malha negra, que permite a passagem de 50% da luz solar e protege de ventos intensos (Figura 19), evitando ressecamento da alface.

Figura 19 – Ambiente protegido (A) e canaleta de PVC tipo trapézio (B).



(A)



(B)

Fonte: Autora (2016).

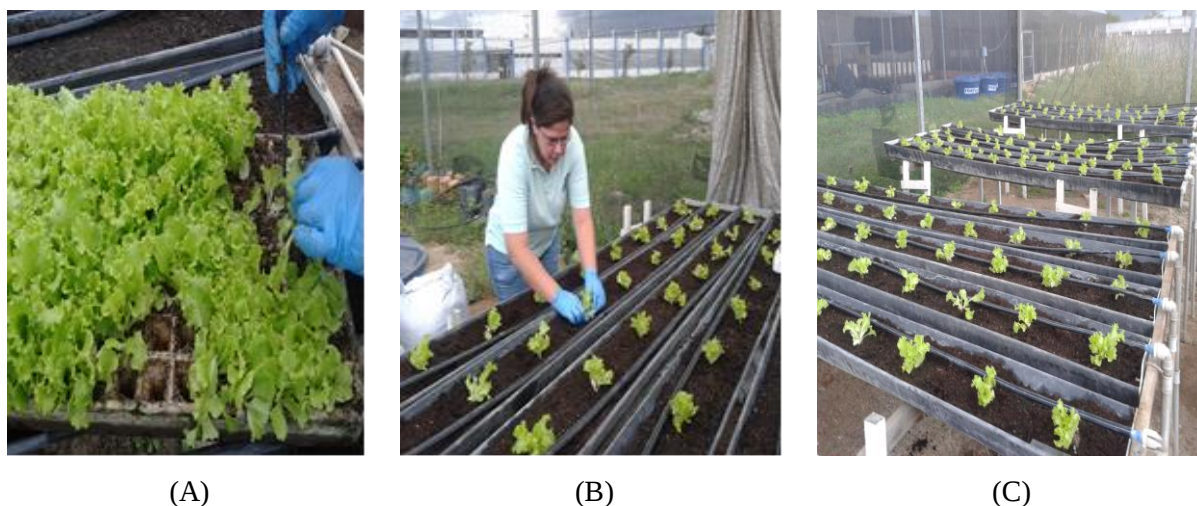
O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com três repetições e cinco tratamentos, sendo avaliados os efeitos de cinco combinações do composto orgânico produzido na primeira etapa do experimento, referentes às proporções de 20; 40; 60; 80 e 100% com o substrato de fibra de coco, cada unidade experimental foi formada por dez mudas, totalizando 150 plantas.

Foram utilizadas sementes uniformes, provenientes de plantas de boa qualidade, com o intuito de evitar danos às raízes no momento do transplante. As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido de 128 células preenchidas com substrato composto por fertilizantes.

A alface foi cultivada em canaleta de PVC tipo trapézio com 3 m de comprimento, tendo em sua base perfurações a cada 0,5 m para escoar o excesso de solução. As canaletas foram preenchidas manualmente com o composto orgânico, em seguida, misturados ao substrato de fibra de coco e colocadas a 0,90 m do nível do solo do ambiente protegido, fixadas por suporte de madeira com declividade de aproximadamente 3% para facilitar a drenagem do excesso da água de irrigação.

Quanto ao transplante, as mudas foram inseridas aos 16 dias após a semeadura, quando as plantas apresentaram de 5 a 6 cm de altura e 5 folhas definitivas com emissão da sexta; transplantando-se no espaçamento de 30 cm entre plantas (Figura 20).

Figura 20 – Transplântio das mudas de alface nas canaletas de PVC.



Fonte: Autora (2016).

Durante o período experimental, realizou-se irrigações diárias, pela manhã e ao final da tarde, através de um sistema de irrigação por gotejamento, utilizando-se de emissores espaçados de 0,5 m e vazão de $2,5 \text{ L h}^{-1}$ e cinco reservatórios (Figura 21), com capacidade para 150 L e cheios com água de abastecimento proveniente da água de abastecimento do poço da UFERSA. A caracterização química da água utilizada no experimento encontra-se na Tabela 3.

Figura 21 – Sistema de irrigação individual para cada tratamento.



Fonte: Autora (2016).

Tabela 3 – Caracterização química utilizada para irrigação.

Fonte	CE (dS m ⁻¹)	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ³⁻	RAS
			mmol _c L ⁻¹					 mg/L	
AP	0,55	7,5	1,0	0,9	4,44	2,4	0,7	3,4	4,6

AP = Abastecimento do poço; CE: Condutividade Elétrica; pH: potencial de Hidrogênio; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; Na⁺: Sódio; Cl⁻: Cloro; CO₃²⁻: Carbonato; HCO₃³⁻: Bicarbonato; RAS: Reação de Adsorção de Sódio.

6.4.1 Análises Mineral

As folhas foram analisadas quanto aos teores de macronutrientes (N, Ca, Mg) e micronutrientes (Cu, Zn, Fe, Mn), utilizando-se do espectrofotômetro de absorção atômica, modelo EAA 240 FS. As concentrações dos macronutrientes P e K foram determinadas por calorimetria, utilizando-se espectrofotômetro de chama, modelo DR-62 de acordo com metodologia da Embrapa (2009).

6.4.2 Análises Morfológicas

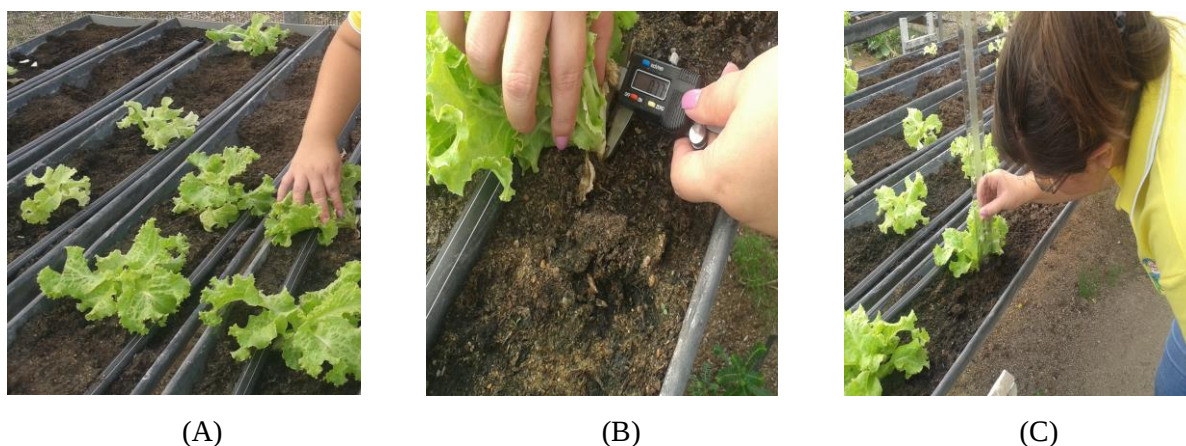
Ao final do experimento foram avaliados os parâmetros de crescimento, produção da alface, como também, a qualidade pós-colheita, quais sejam (Figuras 22 e 23):

- Número de Folhas por Planta (NFP): Após atingir a estabilidade de germinação, foi iniciada a contagem do número de folhas em uma amostra de três plantas retiradas

aleatoriamente dentro do tratamento. Contagem direta, partindo-se da folha basal até a última aberta.

- O Diâmetro do colmo (D): Avaliada através da média das mesmas três plantas retiradas do tratamento, medido por meio da distância entre as extremidades da planta com o auxílio de um paquímetro digital, marca Carbografite com 150 mm.
- Comprimento da Parte Aérea (CPA): realizada com uma régua graduada (cm) para determinar distância do solo até a parte mais alta da planta na mesma amostra de três plantas do tratamento retiradas para avaliação de número de folhas e diâmetro de plantas.

Figura 22 – Número de folhas (A); diâmetro da planta (B); e comprimento da parte aérea (C).



Fonte: Autora (2016).

- Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA), realizada em uma amostra de três plantas retiradas aleatoriamente do tratamento, as amostras foram retiradas das canaletas, separadas do sistema radicular através de um corte na região do colo e levadas para serem pesadas em balança eletrônica, sem o saco de papel, e o peso foi expresso em gramas por planta.
- Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), obtida da mesma amostra MFPA, onde foram acondicionadas em sacos de papel, etiquetadas e colocadas em estufa a 75 °C, com circulação forçada de ar até alcançarem peso constante. Depois, as amostras foram pesadas em balança eletrônica, sem o saco de papel, e o peso foi expresso em gramas por planta (MALAVOLTA et al., 1997).
- Massa Fresca da Raiz (MFR), realizada em uma amostra de três plantas retiradas aleatoriamente do tratamento, o sistema radicular foi levado para ser pesado em balança eletrônica, sem o saco de papel, e o peso foi expresso em gramas por plantas amostras em seguida à pesagem em balança analítica.

- Massa Seca da Raiz (MSR), obtida da mesma amostra MFR, onde se determinou a massa seca em estufa com circulação forçada de ar a 75 °C até atingir massa constante, procedendo em seguida à pesagem em balança analítica.

Figura 23 – Amostras da raiz e da alface retiradas das canaletas (A); amostras na estufa (B); e trituração da alface (C).



(A)



(B)



(C)

Fonte: Autora (2016).

6.4.3 Colheita da alface

A colheita ocorreu após 35 DAT, as quais foram secas em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 65 °C, até apresentarem massa constante e, em seguida, determinada a produção de massa seca. Na sequência, foi realizada a desidratação dos tecidos vegetais, após este processo as amostras foram trituradas utilizando um moinho tipo Willey com peneira de 0,85 mm (20 mesh), e em seguida as mesmas foram acondicionadas em recipientes hermeticamente fechados, obtendo-se a amostra preparada para as análises, e estas foram realizadas no laboratório de análises de solos, água e planta (LASAP) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

6.4.4 Análise Microbiológica

A contagem dos microrganismos presentes nas folhas de alface foi realizada no Laboratório de Inspeção de Produtos de Origem Animal (LIPOA) na Universidade Federal

Rural do Semi-Árido, pelo método de plaqueamento em superfície, de acordo com a metodologia descrita no Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods da APHA (American Public Health Association). As amostras foram incubadas a 45 ± 1 °C por 48 horas em solução salina peptonada 0,1% e, posteriormente semeadas pelo método de placas em superfície em triplicata, estria composta em plaqueamento seletivo, e incubada por 48 horas, a partir da contagem de todas as colônias presentes, realizar o cálculo do número de microrganismos nas placas que contenham entre 25 e 250 colônias, expressando o resultado em UFC/g.

A detecção da *Salmonella* foi realizada pelo enriquecimento dos meios líquidos seletivos dos seguintes caldos: Rappaport vassiliadis, selenito-cistina e tetracionato (Figura 19). Este método se baseia na utilização de meios que contêm substâncias de ação impediante do crescimento para a maioria dos microrganismos interferentes e na incubação em temperatura seletiva. Inicialmente, pesou-se 25 g de amostra do composto e diluído em 225 mL de solução salina, posteriormente incubadas a 36 °C por 18 horas, em seguida preparou-se três diluições em tubos com 0,1, 1,0 e 1,0 mL dos caldos de rappaport, selenito e tetracionato, respectivamente, os quais foram deixados em banho Maria de 41 °C durante 24 horas.

Na sequência, foi realizado o isolamento dos caldos seletivos de enriquecimento, transferindo o material em análise para uma placa petri e, em seguida, alíquotas foram semeadas sobre a superfície previamente seca e repicou-se com cada meio sólido seletivo, estriando de forma a se obter colônias isoladas. Obtendo-se 2 placas de BPLS, as quais foram incubadas e, posteriormente invertidas, a 36 ± 1 °C durante 24 horas. Os resultados são expressos em Ágar, se as colônias se apresentam cor vermelha, rosa claro, cor de pêssego ou amarela gema. A manutenção da cor inicial do meio indica que não ocorreu hidrólise da uréia. A alteração para rosa intenso é indicativa de alcalinização do meio devido à ação da urease sobre a uréia.

7 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

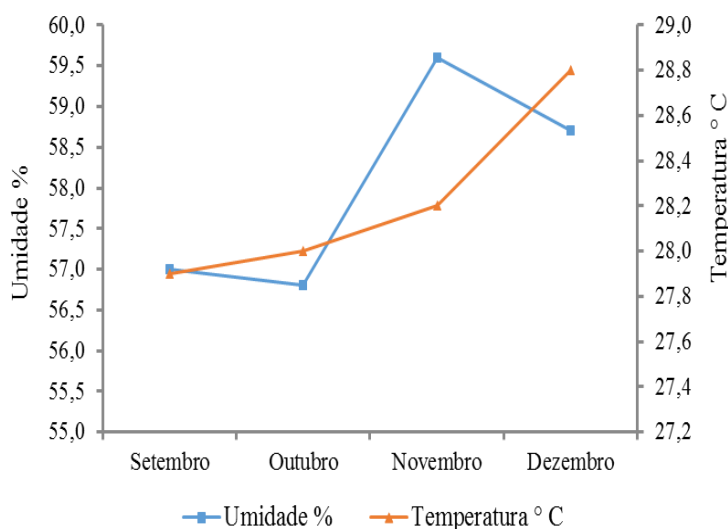
Os dados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância e Teste F, quando significância, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 1 e 5% de probabilidade, utilizando-se o software ASSISTAT 7.7 (SILVA, 2009).

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DURANTE O EXPERIMENTO

Para o monitoramento da pilha, registraram-se temperatura média de 28,4 ° C e umidade média de 59,5%, concentradas entre os meses de setembro e dezembro de 2015, período em que foi realizada a primeira etapa do experimento (Figura 24).

Figura 24 – Umidade e temperatura médias referentes aos meses de setembro a dezembro de 2015.

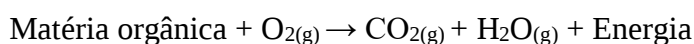


Fonte: INMET (2015).

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) a região de Mossoró, durante os meses do monitoramento da pilha, o índice pluviométrico foi ausente, no entanto, não foi registrada nenhuma situação em que a quantidade de chuva pudesse ter interferido no processo de compostagem. Cabe destacar que à quantidade média de vento de 3,22 m² e insolação próxima a 120 h favoreceram ao processo de compostagem, fato associado com os resultados do teor de umidade durante todo o processo de compostagem, os quais se apresentaram em torno de 45 a 55%.

8.2 MONITORAMENTO DA TEMPERATURA

A Figura 25 permite visualizar a evolução da temperatura durante o processo de compostagem da pilha, pode ser observado que a fase termofílica foi marcada pela substituição dos microrganismos mesófilicos, aqueles que iniciam a primeira fase do processo de decomposição dos resíduos biodegradáveis. A matéria orgânica polimérica é submetida à ação de enzimas extracelulares específicas secretada por microrganismos ditos hidrolíticos (BRITO, 2008). Os oligômeros e monômeros assim produzidos são em seguida degradados, como segue:

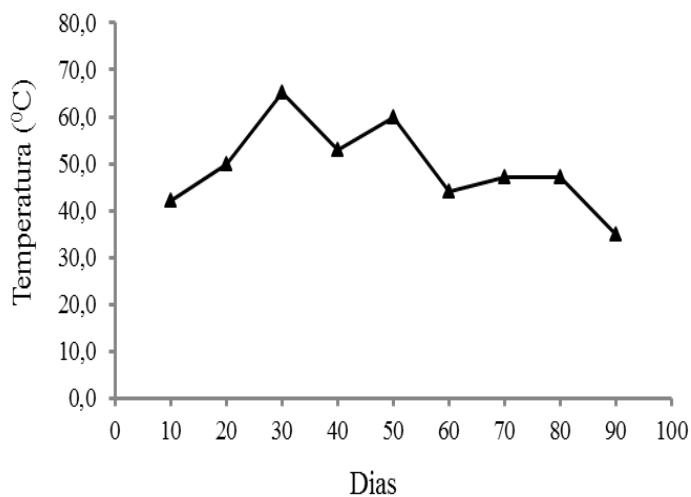


Os microrganismos da fase mesófilica, são mais simples e menos competitivos, vão ser substituídos por outros mais adaptados, que são termofílicos (BRITO, 2008). Parte da energia liberada na reação será utilizada para a síntese de novas células, a atividade microbiana favorecerá a fase termofílica, sendo está iniciada já nas primeiras horas de compostagem (SOUSA JUNIOR, 2011).

Avaliando-se a evolução da temperatura no decorrer do processo de compostagem (Figura 25), podem ser observadas temperaturas iniciais elevadas, entre os 10 e 20 dias, de 42 e 65 °C, respectivamente, os quais se apresentaram na fase termofílica (temperatura > 40 °C). Durante a maior parte do processo de compostagem, registrou-se temperaturas médias acima dos 40 °C, indicativo de bom desenvolvimento das atividades microbianas, promovendo a geração de calor através do processo de metabolismo e, após os 70 dias a temperatura foi decaindo até atingir a fase mesófila final aos 90 dias do processo, verificando-se a estabilização da biomassa através da formação do húmus. Entretanto, é importante destacar que, não foi possível verificar a fase mesófilica, este fato pode estar relacionado ao processo de decomposição dos resíduos utilizados na compostagem, onde foi observado que a decomposição se iniciou no período de tempo em espera até todos os materiais serem colocados no pátio da ACREVI, onde a pilha foi montada. Sousa Junior (2011) avaliou a atuação da temperatura sobre o processo de decomposição dos resíduos sólidos urbanos, e observou que a fase termofílica foi marcada pela substituição dos microrganismos mesófilicos, atribuiu-se estes resultados a atividade metabólica dos microrganismos. O aumento da temperatura durante o processo de compostagem também foi observado por Cordeiro (2010), ao relatar que diante de temperaturas iniciais demasiado elevadas,

estimulou-se o crescimento da população microbiana, constatando-se que a pilha já se encontrava na fase termofílica no início do processo.

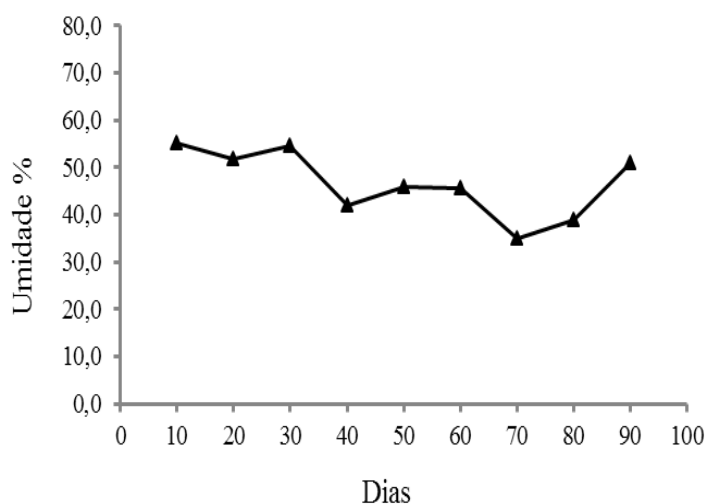
Figura 25 – Monitoramento da temperatura.



8.3 MONITORAMENTO DA UMIDADE

A Figura 26 apresenta as variações da umidade no decorrer do processo de transformação da matéria orgânica em composto orgânico. A umidade é indispensável para a atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos, sendo que a considerada ideal para a compostagem varia entre 50 e 60% (VALENTE et al., 2009).

Figura 26 – Monitoramento da umidade.



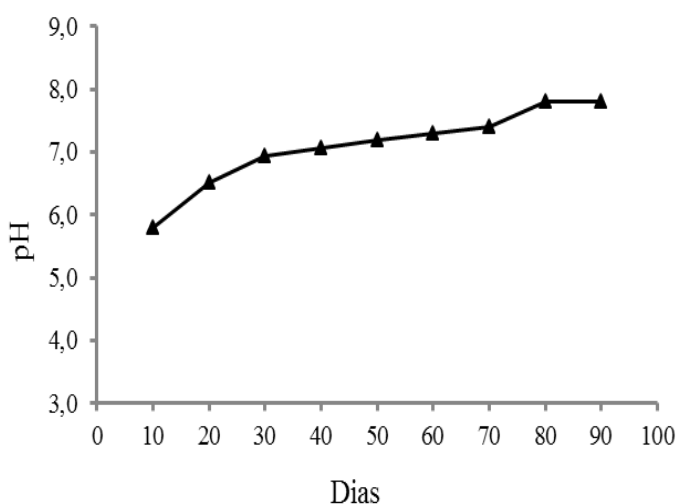
Analisando a Figura 26, é possível verificar que a umidade proporcionou condições favoráveis para o desenvolvimento dos microrganismos, apresentando variações entre 45 e 55% e, devido aos resíduos vegetais (podas) apresentarem baixa umidade, possibilitou a manutenção do teor de umidade através de irrigações periódicas, com água, de três em três dias nos vinte primeiros dias, e posteriormente ao período de fermentação, as irrigações passaram a serem realizadas diariamente, provavelmente, devido à redução do volume da biomassa inicial de aproximadamente 50 a 75%, a qual se constituía inicialmente por partículas grosseiras, e posteriormente, transformou-se em partículas finas e aumentou, ao mesmo tempo, a perda de umidade para o ambiente. No entanto, ao longo dos 65 dias, a umidade reduziu-se a valores inferiores a 40%, a correção do teor de umidade foi realizada por meio de irrigações no momento do revolvimento, com o auxílio de mangueiras, para não afetar as atividades metabólicas. Essa redução da umidade pode ser atribuída a perda de água por evaporação. Segundo Valente et al (2009), os materiais com 30% de umidade inibem a atividade microbiana, sendo que um meio com umidade acima de 65% proporciona uma decomposição lenta, condições de anaerobiose e lixiviação de nutrientes. Barrington et al (2003) mostraram que a umidade é um fator determinante nos padrões de temperatura alcançados durante a compostagem, fato observado através do efeito da aeração passiva e ativa na compostagem de dejetos de suínos com três substratos diferentes (maravalha, palha e feno) e com níveis de umidade 60, 65 e 70% respectivamente. Deste modo, a umidade no processo de compostagem exerceu efeito significativo no desenvolvimento dos microrganismos, mantendo-se na maior parte do processo dentro dos padrões estabelecidos pela literatura correlata, que deve situar-se de 45 a 65% (FINSTEIN e MILLER, 1985).

8.4 MONITORAMENTO DO pH

Analisando-se os valores de pH no decorrer do processo de compostagem (Figura 27), observou-se acidez no início, verificando-se valores ácidos entre os 10 e 30 dias, com pH de 6,0 e 6,9 respectivamente, devido a produção de ácidos orgânicos, com pequena variação posteriormente, atingindo valores levemente alcalinos entre os 40 e 90 dias, com pH de 7,1 e 7,8, respectivamente, indicam que o composto foi submetido ao processo de hidrólise das proteínas e liberação da amônia, posteriormente, bioestabilizada, condizendo com reações alcalinas que proporcionaram uma adequada humificação do composto, evidenciando o seu potencial auto regulador no processo de compostagem (PEREIRA NETO, 1987). Os dados

revelam que, de maneira geral, as atividades microbianas foram capazes de proporcionar um processo de fermentação adequado aos resíduos utilizados na compostagem, através do processo de fermentação, ocorreu a formação de ácidos solúveis (ácidos carboxílicos de cadeia curta, ácido acético, propiônico, butírico e valérico) no início da compostagem, os quais são convertidos a dióxido de carbono pela ação microbiana (IYENGAR e BHAVE, 2005). De acordo com Moreira e Siqueira (2002), o processo de nitrificação ocorre provavelmente devido a elevação do pH nos tratamentos até aos trinta dias do processo de compostagem. Brito (2008) em suas avaliações mostrou que em diferentes proporções de misturas de resíduos orgânicos e podas de árvores, contribuiu para valores diferenciados de pH, mas todos estes na faixa levemente alcalino, esse comportamento está relacionado à adição de diferentes matérias primas utilizadas na compostagem e, conseqüentemente, tendem a influenciar o valor final de pH. De acordo com Haug (1993), a compostagem tem a habilidade de neutralizar altos e baixos valores de pH durante o processo devido a formação de um ácido fraco (CO_2) e uma base fraca (NH_3). Deve-se ressaltar que não houve a presença de chorume.

Figura 27 – Monitoramento do pH.



8.5 TEORES DE MACRONUTRIENTES

Para os teores de nutrientes, com exceção do nitrogênio, observou-se uma redução acentuada ao longo do processo de compostagem (Tabela 4). Tal fato pode ser atribuído às perdas de nutrientes no processo de decomposição dos resíduos orgânico, provavelmente, devido à demora em armazenar a quantidade de resíduos suficientes para a montagem da pilha

de compostagem, como também, uma possível lixiviação dos nutrientes, devido à necessidade de aumentar o número de irrigações para manter a umidade adequada para o desenvolvimento dos microrganismos e, conseqüentemente, influenciar positivamente a temperatura do composto. O nitrogênio (N) foi o elemento que mais se destacou entre os macronutrientes, tal fato deve-se a degradação da matéria orgânica que resultou na liberação de nitrogênio. EGHBALL (1997) avaliou a eficiência do substrato de esterco bovino durante o processo de compostagem, observando um decréscimo nos teores de nutrientes no material que permaneceu enleirado por 45 dias e, ao final deste período, apresentou perdas de 42,5; 0,8; 15,8; 15,5; 1,6 e 1,9% para N, P, K, Na, Ca e Mg, respectivamente. Em trabalho de compostagem com dejetos caprinos, Amorim et al (2004), relataram que, houve redução nos teores de nutrientes do composto em relação ao material inicial. Resultados contrários foram observados por Benites (2013), quando relatou o processo de compostagem com dejetos de cama aviária, constatou que houve um aumento nos teores de nutrientes no composto final.

Tabela 4 – Teores dos macronutrientes do composto orgânico.

Período (dias)	N	P	K	Ca	Mg
	 mg/Kg				
Início	0,74	0,75	5,25	19,71	2,40
45 dias	0,83	0,38	3,66	13,17	1,88
Final	0,83	0,53	1,47	4,10	1,62
%Final	46,94	3,06	5,61	36,42	7,98

8.6 TEORES DE MICRONUTRIENTES E CONTAMINANTES

O conceito de qualidade do composto são parâmetros utilizados pela legislação brasileira para avaliar a estabilidade e maturação do composto, como também, às concentrações máximas, para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, e metais pesados tóxicos.

Os resultados referentes às análises de micronutrientes e teores de metais pesados estão relacionados na Tabela 5.

Tabela 5 – Micronutrientes e contaminantes químicos do composto orgânico.

Período (dias)	Fe	Cu	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
	 mg/Kg						
Início	1.345,0	5,70	31,45	26,35	2,80	0,50	9,50
45 dias	865,40	6,45	51,85	39,30	3,80	0,20	5,00
Final	1.826,0	4,80	47,75	41,90	5,25	0,15	0,50
%Final	94,8	0,25	2,48	2,18	0,27	0,01	0,03

Verifica-se que as concentrações dos micronutrientes e contaminantes químicos analisados atende à legislação pertinente representada pela norma IN SDA nº 27/2006. O composto matutado apresentou teores superiores em relação ao composto inicial de 1.826,0, 47,75, 41,90, 5,25 mg Kg⁻¹ para F, Mn, Zn e Ni, respectivamente (Tabela 5). Porém, esse fato, deve-se provavelmente tanto a diversidade de materiais do resíduo orgânico, quanto à pilha ter sido montada diretamente no solo a céu aberto e o vento possivelmente ter carreado algum resíduo do material reciclado da ACREVI. Com relação ao composto produzido podem-se verificar baixas concentrações de metais pesados, devem-se ao fato de que a coleta seletiva foi realizada de forma eficiente, os materiais foram previamente separados no restaurante popular Barriga Cheia da cidade de Mossoró-RN, evitando a contaminação dos resíduos orgânicos.

A produção de um composto com baixos níveis de metais é possível mediante a coleta seletiva, pois se o objetivo da compostagem for produzir fertilizante para a agricultura, a segregação rigorosa dos orgânicos é muito importante e a qualidade exigida do composto deve seguir padrões definidos pelo Ministério da Agricultura (SANTOS, 2014). Gonçalves et al (1997) trabalharam com a compostagem de lodo de lagoas de estabilização e, verificaram que o efeito do tempo de residência do lodo no reator sobre suas características físico-químicas, contribuiu para acelerar o processo de mineralização, assim, reduzindo os teores de metais pesados. Nesse sentido, McBride (1994), afirmou que quando os metais pesados se encontram em baixas concentrações, há tendência de que eles permaneçam retidos no solo pelo processo de adsorção.

O composto produzido neste estudo com resíduos sólidos orgânicos não apresenta restrições para a sua utilização como adubo para a produção agrícola.

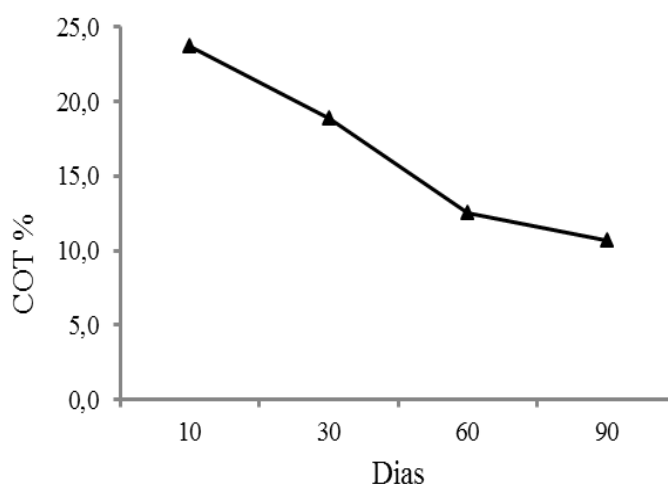
8.7 CARBONO ORGÂNICO

O estudo da matéria orgânica é considerado um importante indicador da qualidade do solo, pois atua como fonte de energia para a massa microbiana e nutriente para as plantas, além de influenciar nos atributos do solo como CTC, retenção de água, quelação, agregação entre outros (SILVA e MENDONÇA, 2007).

A avaliação de carbono orgânico mostra que os resultados decresceram de 23,7 a 10,7% (Figura 28), evidenciando-se assim uma redução na concentração dos resíduos na pilha, provavelmente, devido ao crescimento de microrganismos, utilizando a fonte de carbono ofertada. Mees et al (2009), em trabalhos realizados com compostagem afirmou que o conteúdo de carbono diminuiu com o progresso da decomposição. Considerando-se que essas concentrações giram em torno do processo de decomposição da matéria orgânica, e que através da atividade microbiana os resíduos orgânicos são transformados em material humificado. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva (2009), na compostagem de diferentes resíduos orgânicos a redução do COT foi mais expressiva no início da compostagem, decrescendo ao final do processo devido à mineralização da matéria orgânica.

De modo geral, o crescimento da atividade microbiana nos primeiros dias de decomposição deve-se à maior disponibilidade de nutrientes nesse período, assim como à presença de fonte de matéria orgânica mais facilmente assimilável.

Figura 28 – Monitoramento do carbono orgânico total (COT).



8.8 SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

A quantificação do carbono nas substâncias húmicas (SH) é importante, pois o potencial de captura e armazenamento do C se dá basicamente nesta fração (MARINHO, 2014). Assim, os valores obtidos no fracionamento da matéria orgânica e o tempo do processo de estabilização do composto são mostrados na Tabela 6, em que se verifica a quantificação das substâncias húmicas na seguinte ordem: humina > ácidos fúlvicos > ácidos húmicos. Este resultado pode estar relacionado a fração solúvel das fibras do material orgânico compostado. Canellas et al (2000), verificaram que, a humina, apresenta baixa taxa de solubilidade em água, com tendência de se acumular no sistema. No decorrer do processo de compostagem, houve uma maior predominância dos ácidos fúlvicos sobre os ácidos húmicos, porém, ao final do processo, observa-se uma diminuição desses valores, ocorrendo uma inversão, esse comportamento deve-se ao processo de degradação dos compostos como polissacarídeos e aminoácidos e, conseqüentemente, a maior solubilidade relativa do AF tanto em meio ácido como em meio básico proporcionou maior desenvolvimento da atividade microbiana. Esses resultados também foram obtidos por Silva et al (2009), em estudo com as frações de carbono orgânico presentes em turfeira e observaram que os teores de AF e H foram superiores aos de AH.

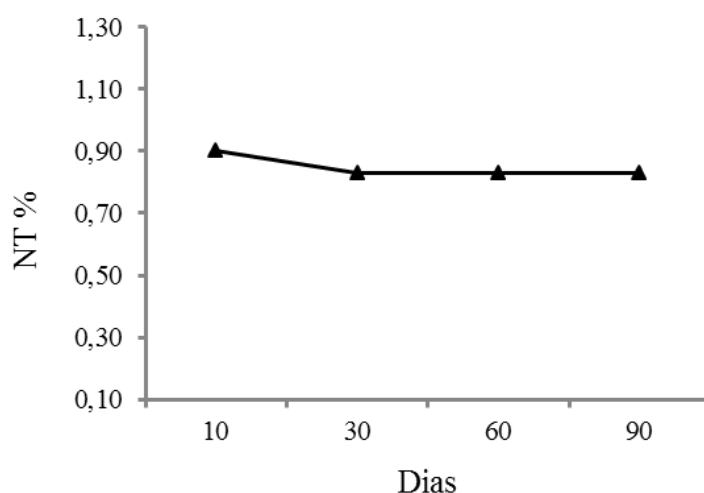
Tabela 6 – Caracterização do carbono nos ácidos húmicos (C-AH), fúlvicos (C-AF), humina (H) para pilha de compostagem com lixo orgânico urbano ao longo de 90 dias.

Período (dias)	Frações Orgânicas		
	C-AH	C-AF	H
	 dag/Kg		
Início	2,01	2,38	29,36
30	0,59	0,62	18,44
60	0,28	0,34	15,66
Final	0,27	0,21	13,79
%Final	1,9	1,5	96,6

8.9 NITROGÊNIO TOTAL

Para o nitrogênio total, observou-se pequena perda nos primeiros 30 dias do processo de compostagem (Figura 29), mantendo-se constante durante a decomposição dos resíduos compostados, fato que provavelmente esteja relacionado ao controle da temperatura e do pH na fase inicial, como também, pela diversidade dos resíduos orgânicos (restos alimentares e esterco bovino) utilizados no processo de compostagem, por que, são materiais ricos em nitrogênio e, quando incorporados a materiais que absorvam a umidade da massa (podas de árvores) favorecem a atividade microbiana, possibilitando uma maior retenção de nitrogênio ao longo do processo de estabilização do composto. Estes resultados podem ser explicados pelo fato de que, o nitrogênio foi transformado da forma amoniacal em nitrito e posteriormente convertido a forma de nitrato, evidenciando que as bactérias mesófilas reterão uma maior quantidade de nitrogênio em virtude da proporção de resíduos orgânicos e vegetais compostado, evitando a perda de nitrogênio total. Silva e Mendonça (2007), em seus resultados mostraram que a maior disponibilidade de nitrogênio é essencial na estabilização do carbono por meio da síntese de substâncias mais humificadas (mais ricas em nitrogênio), que garante maior estabilidade estrutural para a matéria orgânica. Cootta et al (2015) estudaram a concentração de nitrogênio e a relação C/N, concluíram que esses fatores determinam a habilidade na liberação do nitrogênio dos resíduos, como também, verificaram que a atividade microbiana em processos de compostagem associada a transformação do nitrogênio deve ser controlada por meio da mistura de resíduos orgânicos a serem utilizado na compostagem.

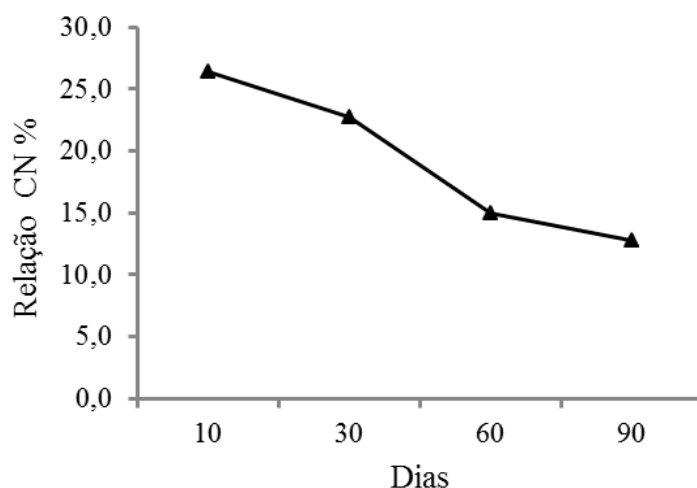
Figura 29 – Monitoramento do nitrogênio total (NT).



8.9 RELAÇÃO C/N

A relação C/N sofreu um decréscimo ao longo dos 90 dias do processo de compostagem, verificou-se uma redução na percentagem da relação C/N de aproximadamente 26/1 no início e 12/1 no final do processo (Figura 30). Provavelmente essa redução seja em função da mistura de diferentes resíduos orgânicos que exerceram condições favoráveis para o desenvolvimento dos microrganismos por estimular a decomposição da matéria orgânica do composto, com reflexos também na velocidade do processo de mineralização e disponibilização do nitrogênio ao longo do tempo de monitoramento do processo de compostagem. Costa et al (2009) avaliaram a relação C/N em compostagem de resíduos sólidos de frigorífico, no final dos 90 dias, obteve-se a relação C/N de 10,7:1. De acordo com Cestonaro et al (2010), de maneira geral, durante o processo de compostagem cada substrato possui característica própria, necessitando de um tempo de compostagem diferente para atingir os valores da relação C/N citados na literatura. Este decréscimo no carbono orgânico também foi observado por Lima et al (2009), ao relatar que diante de condições adequadas, os microrganismos influenciaram na degradação da produção de biodiesel compostado com adição mineral, enquanto o nitrogênio total aumentou.

Figura 30 – Monitoramento da relação C/N.



8.10 MATURAÇÃO OU CURA

Outro ponto importante a ser observado no processo de compostagem é teste de maturação, observou-se que a partir dos 70 dias a temperatura do processo manteve-se

inferior a 45 °C, evidenciando a bioestabilização do resíduo orgânico urbano. Realizaram-se os testes da mão e da bolota (Figura 31). No teste da mão, a mostra do composto maturado foi umedecida e, após esfrega-la entre as palmas das mãos, as mesmas apresentaram o aspecto de graxa preta, indicando, que o composto encontra-se maturado. No teste da bolota, com uma amostra do composto maturado, após passa-la varias vezes de mão em mão e atirando-a de pequena altura, observou-se que ela não se desfez, caracterizando que o composto estava maturado. Em ambos os testes realizados, verificou-se um composto pronto para ser utilizado como fertilizante.

Figura 31 – Teste da maturação ou cura: Amostra umedecida (A); teste da mão (B); e teste da bolota (C).



8.11 MICROBIOLOGIA

Com relação à análise microbiológica, verifica-se que houve eficiência na remoção de coliformes totais e termotolerantes, obtendo-se valores inferiores ao limite de detecção < 0,3 e 0,0, respectivamente. Os resultados comprovam a eficiência do processo de compostagem na eliminação dos microrganismos patogênicos, isto se deve provavelmente a atividade microbiana, que durante a fase mesófila decompõe a matéria orgânica, gerando calor, elevando a temperatura de 42 para 50-65 °C, em um período de 30 a 40 dias, verificando-se assim que, a liberação do calor da fase termófila esta relacionada com a inativação dos microrganismos patogênicos. Analisando as bactérias mesófilas, verificou-se o valor de $7,45 \times 10^6$ UFC/g ao final do período de compostagem, porém, a legislação brasileira não determina parâmetros de qualidade para estas bactérias. Ainda em relação à análise microbiológica,

avaliando a detecção da *Salmonella*, verificou-se que todas as amostras foram negativas. Orrico Júnior (2010) em seus resultados mostrou que a compostagem com resíduos da produção avícola, na proporção 75 e 25% de cama de frangos e de aves mortas, respectivamente, contribuiu para a remoção de coliformes durante o período de enleiramento, as reduções observadas foram de 100%, com $1,1 \times 10^8$ NMP/g⁻¹ no início e 0 NMP/g⁻¹ no final para coliformes totais e termotolerantes. Paiva et al (2011) estudaram a compostagem em sistema de tratamento de carcaças de frango e observaram que os microrganismos indesejáveis foram eliminados no processo do 2º ao 6º dia com temperaturas superiores a 65 °C.

8.12 ANÁLISES DE CRESCIMENTO DA ALFACE (EXPERIMENTO II)

De acordo com a análise de variância verificou-se interação significativa para altura da planta (AP) e número de folhas (NF) (Tabela 7). Santos et al (2001), afirmam que as doses crescentes de composto orgânico, evidenciam o aumento na produtividade da cultura, fato atribuído à melhoria das características físico-químicas do solo, corroborando com os resultados de Porto et al (2008) e Manojlovic et al (2009) ambos trabalharam com aplicação de doses crescentes de composto e calcário, verificaram aumento na produção de alface com incorporação de matéria orgânica.

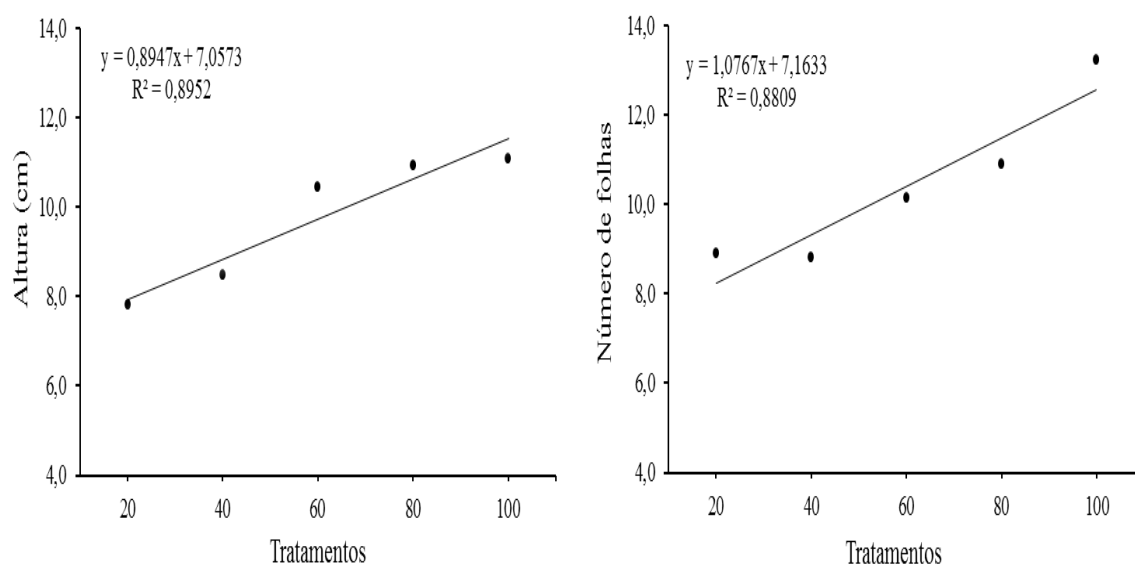
Tabela 7 – Análise de variância de altura de plantas (AP); diâmetro da haste (DH); número de folhas (NF); massa fresca da parte aérea (MFPA); massa seca da parte aérea (MSPA); massa fresca da raiz (MFRAIZ) e massa seca da raiz (MSRAIZ), em função das doses crescente de composto orgânico.

QM								
FV	GL	AP	DH	NF	MFPA	MSPA	MFRAIZ	MSRAIZ
Bloco	2	2,57 ^{ns}	0,1 ^{ns}	2,24 ^{ns}	58,58 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1,83 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Tratamento	4	6,7 *	0,87 ^{ns}	9,87**	122,23 ^{ns}	0,41 ^{ns}	7,26 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Resíduo	8	1,73	1,73	1,24	32,37	0,22	4,44	0,54
Total	14							
CV %		13,52	25,24	10,71	52,22	43,53	39,10	45,74

(**) significativo a 1% de probabilidade, (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade, (^{ns}) não significativo, pelo teste F. FV= Fonte de variação, GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

A AP e o NF aumentaram linearmente com as doses crescentes de composto orgânico (Figura 32). Ao final dos trinta e cinco dias de cultivo, registraram-se as taxas de emergência das plantas, houve um maior crescimento no T5, que correspondeu à aplicação de 100% de composto orgânico, porém, os demais tratamentos apresentaram uma tendência de menor crescimento, sendo provavelmente devido à concentração de nutrientes disponibilizada para a planta, ocorrendo uma interação significativa entre as doses crescentes de composto orgânico e o crescimento da planta, proporcionando condições para obtenção de maiores produtividades.

Figura 32 – Valores da produtividade da alface em relação à AP e NF em função das doses crescentes de composto orgânico.



Para a produtividade da alface e a quantidade de massa seca, não se observou interação significativa (Tabela 8). Porém, houve tendência clara do aumento na produtividade, sendo consequência do aumento das doses do composto.

Tabela 8 – Valores médios de produtividade e massa seca da parte aérea de alface em função das doses crescentes de composto orgânico.

Doses do Composto	Características avaliadas	
	Produtividade	Massa seca da parte aérea
%		
20	5.62a	0.843a
40	5.46a	0.68a
60	8.73a	0.94a
80	14.30a	1.28a
100	20.35a	1.61a
CV%	52.22	43.53

(**) significativo a 1% de probabilidade, (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade, (^{ns}) não significativo, pelo teste F.

Observa-se que, para o aumento das doses do composto orgânico, apresentaram efeito significativo nos blocos os nutrientes magnésio (Mg), ao nível de 5% de probabilidade, e o cobre (Cu) ao nível de 1% de probabilidade. Com relação aos tratamentos, observa-se que o efeito foi ao nível de 1% de probabilidade para os nutrientes nitrogênio (N), cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) (Tabela 9).

Tabela 9 – Análises de variância para os teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe) e zinco (Zn), em função das doses crescente de composto orgânico.

FV	GL	Nutrientes								
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
Bloco	2	0,50 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,29 ^{ns}	3,62 ^{ns}	0,45*	38,86**	18,58 ^{ns}	509,07 ^{ns}	219,38 ^{ns}
Tratamento	4	160,64**	0,02 ^{ns}	0,13 ^{ns}	26,59**	0,76**	1,57	260,39 ^{ns}	546,16 ^{ns}	58,13
Resíduo	8	3,26	0,05	0,09	2,67	0,09	1,75	154,31	347,03	98,26
Total	14									
CV%		8,17	13,87	10,12	19,81	13,31	46,93	29,74	33,40	17,38

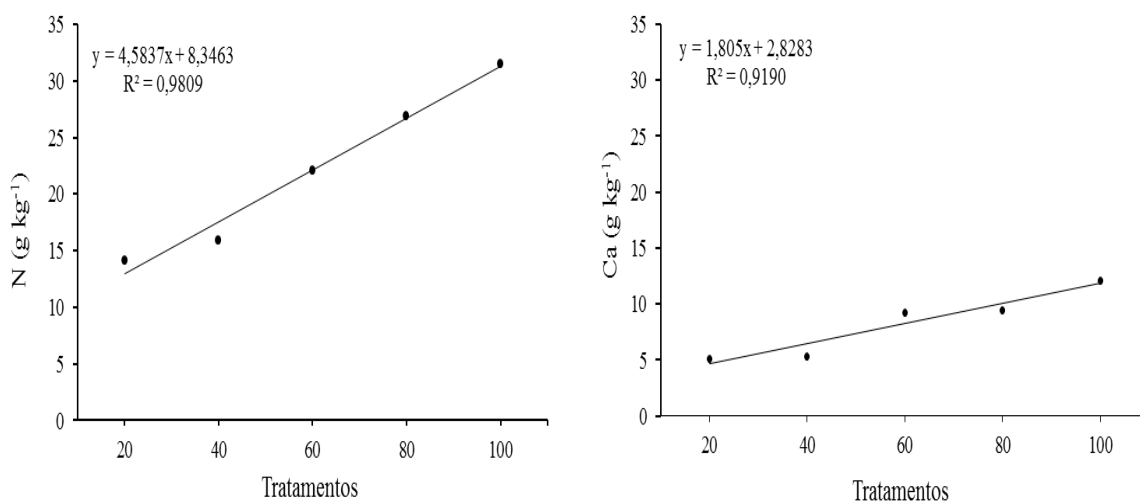
(**) significativo a 1% de probabilidade, (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade, (^{ns}) não significativo, pelo teste F. FV= Fonte de variação, GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

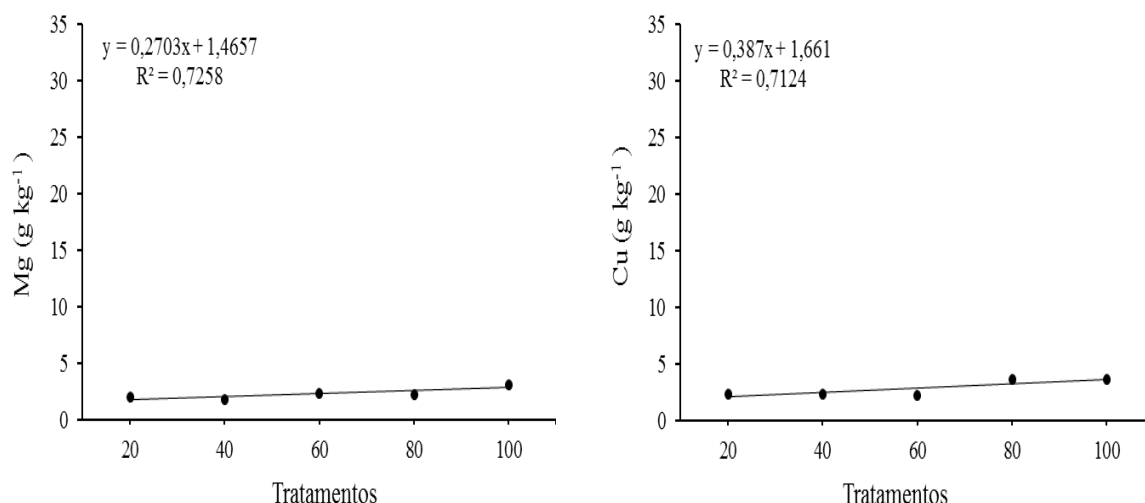
Comparando os teores de nitrogênio em relação ao tratamento T5, verificou-se que os tratamentos T1, T2, T3 e T4 apresentaram teores de nitrogênio inferiores a T5 ao longo dos

90 dias da compostagem, estimou-se o decréscimo em 55,24, 49,52, 29,94 e 14,51% para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente. Isso se deve ao fato que a adição das doses de composto orgânico causou aumentos crescentes na produtividade da alface.

Para avaliar os teores de nitrogênio, cálcio, magnésio e cobre, observou-se, na Figura 33, efeito linear com o aumento das doses do composto orgânico, consequentemente maior concentração de nutrientes nas folhas da alface. Contudo, nos teores foliares, o nitrogênio foi o nutriente que se sobressaiu aos demais, apresentando em todos os tratamentos analisados concentrações superiores ao cálcio e magnésio. Isso provavelmente foi consequência do incremento de nitrogênio utilizado na construção da pilha de compostagem que originou o composto orgânico utilizado na produção da alface. Analisando a redução dos teores de nutrientes durante o período de crescimento, os valores obtidos nas plantas, que mostraram efeito significativo nos tratamentos pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade foi: magnésio < cobre < cálcio < nitrogênio. Pesquisando a utilização de fertilizantes orgânicos de lenta solubilização e contendo alta concentração de nitrogênio, Katayama (1993) verificou que o nitrogênio é mais eficiente para o crescimento e desenvolvimento da cultura da alface. De modo semelhante, Ribeiro et al (1999) trabalhando com composto orgânico, verificaram um equilíbrio entre os nutrientes, recomendando os teores de 31, 1,4 e 0,8% para matéria orgânica, N, P e K, respectivamente.

Figura 33 – Valores dos teores dos nutrientes de nitrogênio (N), cálcio (Ca), magnésio (Mg), e cobre (Cu), em função das doses crescente de composto orgânico.





Avaliando os teores de nutrientes de fósforo (P) e potássio (K), em função dos tratamentos, observa-se, que ao final dos 90 dias do processo de compostagem, não houve influencia significativa em relação aos macronutrientes. Assim pode-se inferir que, as doses de composto orgânico não influenciaram no aumento dos teores desses nutrientes (Tabela 10). Para os teores de nitrogênio (N), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no composto humificado, observa-se que o N passou de 14 g kg^{-1} para 31 g kg^{-1} , o Ca de $5,13 \text{ g kg}^{-1}$ para mais de $12,0 \text{ g kg}^{-1}$ e o Mg de $1,9 \text{ g kg}^{-1}$ para aproximadamente $3,0 \text{ g kg}^{-1}$. O aumento nos teores de N, Ca e Mg presume-se que se deve a influencia das doses crescente de composto orgânico. No entanto, comparando os tratamentos, observa-se, na Tabela 10, que o tratamento T5 apresenta valores superiores de N em relação aos demais tratamentos no final do processo de compostagem, verificando-se equilíbrio nutricional durante o período vegetativo. É necessário destacar que, como observado para o N, o nutriente Ca seguiu o mesmo comportamento, o tratamento T5 foi o mais significativo, entretanto, observa-se semelhança estatística aos tratamentos T3 e T4, embora esse nutriente tenha sofrido um decréscimo de 23,53 e 21,54%, respectivamente, quando comparado com sua avaliação no tratamento T5. Os tratamentos T1 e T2 foram considerados semelhantes estatisticamente a T3 e T4, embora tenham sido considerados os piores na estimativa desse nutriente, apresentando reduções de 57,58 e 56,01% em T1 e T2 respectivamente, quando comparados ao tratamento mais significativo. A estimativa do nutriente magnésio foi análoga a do macronutriente Ca, apresentando também efeito mais significativo no tratamento T5, mas esse foi estatisticamente semelhante a T3 e T4, que foi semelhante a T1 e T2, sendo esses considerados os de efeito menos significativos na avaliação desse nutriente. Pires (2003) estudou alguns aspectos qualitativos de alface e

repolho produzidos com fertilização química e orgânica e observou que o fósforo foi o nutriente com maior limitação para a produção de alface, em quase todos os tratamentos, com exceção dos tratamentos com composto orgânico e esterco de galinha, provavelmente devido ao pH mais baixo desses adubos. De acordo com Bataglia et al (1996), de maneira geral, na fase inicial do período vegetativo, a taxa de absorção de nutriente é alta e, consequentemente, as concentrações no tecido também são altas. Evidenciando a maior concentração de nutrientes na presença das doses crescentes de composto orgânico.

Ainda se observa na Tabela 10, que para os teores dos micronutrientes, não houve influencia significativa das doses crescentes do composto orgânico.

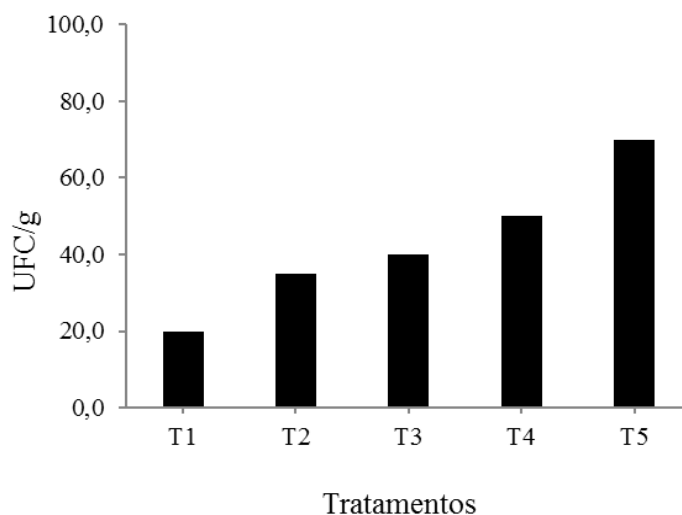
Tabela 10 – Valores médios dos macronutrientes e micronutrientes da alface, em função das doses crescentes de composto orgânico.

Tratamentos	Nutrientes								
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
T1	14.1c	1.62a	2.97a	5.12b	1.97b	2.33a	38.61a	56.16a	52.22a
T2	15.9c	1.46a	2.79a	5.31b	1.73b	2.31a	37.63a	36.95a	54.98a
T3	22.07b	1.64a	3.29a	9.23ab	2.35ab	2.23a	30.27a	49.58a	60.56a
T4	26.93ab	1.62a	2.80a	9.47ab	2.26ab	3.61a	53.55a	72.11a	54.76a
T5	31.5a	1.64a	3.06a	12.07a	3.06a	3.62a	48.77a	64.06a	62.73a
dms	5,10	0.63	0.85	4.61	0.86	3.74	35.07	52.59	27.98

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A Figura 34 apresenta os resultados das amostras de alface (in natura), quanto à unidade de formação de colônias (UFC) de coliformes totais a 45 °C.

Figura 34 – Resultados das análises microbiológicas da alface hortalças em função das doses crescentes de composto orgânico.



Considerando todas as amostras analisadas e o aumento das doses do composto, verificou-se que os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 apresentaram contaminações por coliformes totais. No entanto, estes resultados estão de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução – RDC nº 12 de janeiro de 2001 da ANVISA, que define os valores aceitáveis de coliformes em alimentos destinados a consumo humano até aproximadamente 10^2 UFC/g.

Para a análise de *Salmonella* sp., não se observou a presença deste microrganismo em nenhuma das amostras de alface (in natura). Isto pode ser explicado pela aplicação de água de qualidade e composto orgânico isento de contaminantes químicos e patógenos. Ao avaliar a qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica comercializadas em Brasília–DF, Abreu et al (2010), não observaram contaminação da alface por *Salmonella* proveniente de qualquer tratamento de adubação, bem como de qualquer fonte de adubo orgânico, utilizando o método de plaqueamento no meio seletivo. Rodrigues (2007) pesquisando as condições microbiológicas em alface e couve em diferentes sistemas de cultivo (hidropônico, orgânico e tradicional), constatou que, a presença de *Salmonella* sp., indica a falta de cuidados no processo.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica de compostagem com resíduos sólidos biodegradáveis demonstrou ser uma alternativa viável para o reaproveitamento do resíduo orgânico urbano produzindo um composto com excelente grau de maturação e com alto valor nutricional para a produção vegetal. Além disso, a interação entre os fatores temperatura, umidade, aeração, pH e relação C/N possibilitaram condições adequadas para a manutenção da atividade microbiana durante o processo de compostagem. É importante ressaltar que as condições climáticas, não interferiram na maturação do composto.

Em termos das concentrações de contaminantes químicos, constatou-se que o composto apresentou valores inferiores aos padrões legais vigentes, sem restrições para a sua utilização como adubo para a produção de plantas.

Os teores de macronutrientes e micronutrientes analisados no composto apresentaram resultados satisfatórios para a nutrição das plantas, como a concentração do N que apresentou em média 46,94 mg Kg⁻¹.

A ocorrência de coliformes totais e termotolerantes não foram detectadas no composto, o que também ocorreu na análise da *Salmonella* sp., evidenciando a eficiência da técnica de compostagem na eliminação de patógenos.

O substrato com 100% de composto orgânico proporcionou maior produção de alface, promovendo aumento na concentração dos teores de N, Ca e Mg.

Para a análise microbiológica das plantas de alface (in natura), os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 apresentaram valores inferiores a 10² UFC/g de coliformes totais, correspondendo 20, 35, 40, 50 e 70 UFC/g, respectivamente, e nenhuma contaminação de *Salmonella* sp.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004 - **Resíduos sólidos**: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

(_____) - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007: **Amostragem de resíduos**: procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ABREU, I. M. D. O.; JUNQUEIRA, A. M. R.; PEIXOTO, J. R.; OLIVEIRA, S. A. D. Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica. **Revista Ciência Tecnologia Alimento**, Campinas, v. 30, p. 108-118, 2010.

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Manual de Boas Práticas no Planejamento da Gestão dos Resíduos Sólidos**. São Paulo, p. 108, 2013. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br>>. Acesso em: 25 abr. 2015.

ALBERTIN, R. M.; MORAES, E.; NETO, G. A.; ANGELIS, B. L. D.; CORVELONI, E.; SILVA, F. F. Diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos urbanos do município de Flórida Paraná. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 4, n. 2, p. 118-125, jul./dez., 2010.

ALMEIDA, G. S. **Avaliação do Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde em Órgãos Públicos do DF**. UCB, Brasília, p. 79, 2006. Disponível em: <http://www2.camara.gov.br/responsabilidade-social/ecocamara/publicacoes-emultimedia_novo/avaliacao-do-gerenciamento-de-residuos-de-servicos-de-saude-em-orgaos-publicos-do-df-1>. Acesso em: 10 abr. 2015.

ALLGANER, K.; DE PAOLI, M. A.; SPINACÉ, M. A. S. **Gerenciamento de resíduos sólidos em unidade de posto revendedor de combustíveis**. Campinas: UNICAMP, 2006.

AMORIM, A. C.; LUCAS JÚNIOR, J.; RESENDE, K. T. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos obtidos nas diferentes estações do ano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 16-24, 2004.

ANDRADE JUNIOR, A. S. de; KLAR, E. Manejo da irrigação da cultura da alface (*Lactuca sativa*). Através do Tanque Classe A. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54, n. 1-2, p. 31-38, 1997.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20 ed. Washington DC. CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A. D.; FRANSON, M. A. H. (Ed.), p. 9.47-9.55, 1998.

BARREIRA, L. P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção**. 204f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo Faculdade de Saúde Pública, São Paulo-SP. 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-08032006-111308/pt-br.php>>. Acesso em: 2 mai. 2016.

BARRINGTON, S.; CHOINÉRE, D.; TRIGUI, M.; KNIGHT, W. Compost convective airflow under passive aeration. **Bioresource Technol.**, v, 86, p. 259-266, 2003.

BENITES, V. M.; SÁ, E.; SCHAEFER, C. E.; NOVOTNY, E. H.; REIS, E.; KER, J. K. Properties of black soil humic acids from high altitude rock complexes in Brazil. **Geoderma**, v. 127, p. 104-113, 2005.

BENITES, V. M. **Como fazer compostagem de cama-de-frango para uso em pastagem**. 2013. Disponível em:
<<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=23054&secao=Artigos%20Especiais>>. Acesso em: 19 de mai de 2016.

BERNAL, M. P.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A.; PAREDES, C.; ROIG, A. Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 69, p. 175-189, 1998.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos**. EESC – USP, São Carlos, p. 109, 1999.

BRASIL. **Constituição (1988)**. 35ª ed. São Paulo: Saraiva, 2005. Disponível em:
<file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/constituicao_federal_35ed.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 375 de 29 de agosto de 2006**. Disponível em:
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2016.

BRASIL. **Resolução nº 404, de 2008**. Licenciamento Ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte, Brasília, DF, p. 93. 2008. Disponível em:
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2008_404.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2015.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2010. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 28 mai. 2015.

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

BRITO, M. L. Transformação da matéria orgânica e do nitrogênio durante a compostagem da fração sólida do chorume bovino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1959-1968, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n5/17.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2015.

BUNGE - FUNDAÇÃO BUNGE. **Coleta de lixo no Brasil**. 2013. Disponível em:
<http://www.fundacaobunge.org.br/jornalcidadania/materia.php?id=12017&coleta_de_lixo_no_brasil_infografico>. Acesso em: 10 mai. 2015.

BUTTENBERDER, S. E. **Avaliação da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos provenientes de coleta seletiva realizada no município de Angelina/SC.** 123 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental), 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/87760/204218.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 02 mar. 2015.

CANELLAS, L. P.; BERNER, P. G.; SILVA, S. G.; BARROS, S. M.; SANTOS, G. A. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma toposequência no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n.1, p. 133-143, 2000.

CARDOSO, M. O.; LOURENÇO, J. N. P. **Produtividade de alface (*Lactuca sativa*) sob cobertura plástica e a céu aberto, no período chuvoso em Manaus.** Manaus: EMBRAPA CPAA, p. 3, 1990.

CARMO FILHO, F. do; OLIVEIRA, O. F. de. **Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico.** Mossoró: ESAM, p. 62, 1995. (Coleção Mossoroense, série B).

CARTHY, G. M.; LAWLOR, P. G.; COFFEY, L.; NOLAN, T.; GUTIERREZ, M.; GARDINER, G. E. **Bioresource Technology**, v. 102, p. 9059–9067, 2011.

CEMPRE - COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. **Programa Bioconsciência – Lixo municipal – Manual de gerenciamento integrado.** São Paulo, p. 370, 2000.

CEMPRE - COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. Fichas técnicas. **Composto Urbano.** 2010. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas.php?lnk-ft_composto_urbano.php>. Acesso em: 1 jun. 2015.

CEMPRE - COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. Agora é lei. **Novos desafios para o poder público, empresas, catadores e população.** 2011. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/download/pnrs002.pdf>>. Acesso em 15 jul. 2015.

CESTONARO, T.; ABREU, P. G. D.; ABREU, V.; COLDEBELLA, A., TOMAZELLI, I. L.; HASSEMER, M. J. Performance of different substrates in the decomposition of broiler carcass. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1318-1322, 2010.

CONSONI, A. J.; SILVA, I. C.; GIMENEZ FILHO, A. Disposição final do lixo. In: D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. (Coord.). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado.** 2ª ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/ Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE, cap. 5, p. 251-291, 2000.

CORDEIRO, N. M. **Compostagem de resíduos verdes e avaliação da qualidade dos compostos obtidos – caso de estudo da ALGAR S.A.** 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa-Portugal. 2010. Disponível em: <<http://repository.utl.pt>>. Acesso em: 02 ago. 2015.

CORRÊA, E. K. **Avaliação de diferentes tipos de camas na criação de suínos em crescimento e terminação**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, p. 91, 1998. Disponível em: <<http://www2.ufpel.edu.br/faem/ppgz/search/node/camas%20na%20cria%C3%A7%C3%A3o%20de%20su%C3%ADnos%20em%20crescimento%20e%20termina%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 05 abr. 2015.

CORRÊA, R. S. **Beneficial use of biosolids based on their N and P fertilising value. Melbourne**: The University of Melbourne, p. 305, 2001. Tese Doutorado.

COSTA, M. S. S. M. et al. Compostagem de resíduos da indústria de desfibrilação de algodão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 540-548, 2005.

COSTA, M. S. S. de M.; COSTA, L. A. de M.; DECARLI, L. D.; PELÁ, A.; SILVA, C. J. da.; MATTER, U. F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 100-107, 2009.

COTTA, J. A. D. O.; CARVALHO, N. L. C.; BRUM, T. D. S.; REZENDE, M. O. D. O. Composting versus vermicomposting: comparison of techniques using vegetal waste, cattle manure and sawdust. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 65-78, 2015

CUNHA QUEDA, A. C. F. **Dinâmica do azoto durante a compostagem de materiais biológicos putrescíveis**. Tese (Doutorado em Engenharia Agro-Industrial) - Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. p. 257, 1999. Disponível em: <<https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/3353/1/TESE.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2015.

DANTAS, R. T.; ESCOBEDO, J. F. Índices morfo-fisiológicos e rendimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em ambientes natural e protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, p. 27-31, 1998. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v2n1/027.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2015.

DAROLT, M. R. **A qualidade nutricional do alimento orgânico é superior ao convencional?** IAPAR-SC. p. 4, 2003.

DENARDIN, G. P.; WOLFF, D. B.; VASCONCELLOS, N. J. S. Composto orgânico gerado na central de tratamento de resíduos da Caturrita – CTRC, Santa Maria – RS. **Revista Disciplinarum scientia**. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, S. Maria, v. 11, n. 1, p. 1-16, 2010. Disponível em: <<http://sites.unifra.br/Portals/36/Tecnologicas%202010/01.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

DEON, M.; MATTIAS, J. L.; NESI, C. N.; KOLLING, D. F. Avaliação da qualidade de composto orgânico na Universidade Comunitária Regional de Chapecó. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, p. 1441-1444, 2007. Disponível em: <<http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/viewFile/2580/2283>>. Acesso em 19 abr. 2015.

DIAS, A. C. H.; SILVA, F. J. G.; SILVA, A. M. Problemas Ambientais causados pelos resíduos sólidos urbanos no município de Iracema/CE: uma aplicação da PRESSÃO-ESTADO-RESPOSTA (PER). In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE

PRODUCAO, 23. 2013. **Anais Eletrônicos**. Salvador-BA: ENEGEP, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STP_187_063_23245.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2015.

DOMÍNGUEZ, J.; GÓMEZ-BRANDÓN, M. Ciclos de vida de lãs lombrices de tierra aptas para El vermicompostaje. **Acta Zoológica Mexicana**, Cidade do México, n. 2, p. 309 - 320, 2010.

ECOCHÉM. **Composting process**. 2004. Disponível em: <http://www.ecochem.com/t_compost_faq2.html>. Acesso em: 6 jun. 2015.

EGHBALL, B. Nutrient, Carbon and mass loss during composting of beef cattle feedlot manure. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 26, n.1, p.189-193, 1997.

EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: perspectivas e desafios para a gestão integrada** /. -- 1ª ed. -- Recife: EDUFRPE, p. 393, 2014.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**. Brasília, 2009.

EPSTEIN, E. The science of composting. 1st ed. Lancaster: **Technomic Publishing Company**. Inc., p. 225, 1997.

FEIDEN, A. **Conversão de Sistemas de Produção Convencionais para Sistemas de Produção Orgânicos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia (Embrapa Agrobiologia Documentos, 139), p. 20, 2001.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **Manual prático de compostagem biossólidos**. Londrina. PROSAB. Universidade Estadual de Londrina, p. 83, 1999.

FERREIRA, A. R.; CAMACHO, R. G. V.; ALCÂNTARA NETO, A. Q. Avaliação e diagnóstico ambiental dos resíduos sólidos gerados no município de Mossoró/RN. **Revista GEOTemas**, Pau dos Ferros, v. 2, n. 2, p. 55-67, 2012.

FILGUEIRA, F. A. R. **Asteráceas – alface e outras hortaliças herbáceas**. In: FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: editora Ceres, v.1, p. 289-295, 2000.

FINSTEIN, M. S.; MILLER, F. C. Principles of composting leading to maximization of decomposition rate, odour control and cost effectiveness. In: GASSER, J. K. R. (Ed.). Composting of agricultural and other wastes. London: **Elsevier Applied**, p. 13-26, 1985.

GAZETA DO OESTE. **Jornal**. Mossoró-RN. 2015. Disponível em: <<http://gazetadooeste.com.br/lixao-ainda-e-fonte-de-sustento-para-familias-emmosoro>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, ed. 2, p. 653, 2001.

GONÇALVES, R. F.; NASCIMENTO, C. G.; FERRARI, G. F.; MULLER, P. S. G. Lodo de lagoas de estabilização em operação no Espírito Santo: formação e características. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 19, Foz do Iguaçu. **Anais**. Foz do Iguaçu: ABES, p.427-437, 1997.

GUIDONI, L. L. C. **Compostagem domiciliar: implantação e avaliação do processo**. TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul, v. 17, n. 1, p. 44-51, 2013.

HAUG, R. T. **Practical handbook of compost engineering**. Lewis publishers, Boca Raton, 1993.

HE, Y.; INAMORY, Y.; MIZUOCH, M.; KONG, H.; IWAMI, N.; TIEHENG, S. Measurements of N₂O and CH₄ from the aerated composted of food waste. **The Science of the Total Environment**, n. 254, p. 65-75, 2000.

HEINZE, B. C. L. B. **A importância da agricultura irrigada para o desenvolvimento da região Nordeste do Brasil**. Monografia (MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada). Brasília: Ecobusiness School / FGV, p. 48-53, 2002. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/Docs/Publicacoes/PublicacoesIICA/BraulioHeinz.pdf>>. Acesso em: jun. 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2000**, 2006. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 mai. 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Serviço de dados**, 2013. Disponível em: <<http://www.servicodados.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 02 abr. 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=240800>>. Acesso em: 02 mai. 2015.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro. Embrapa Solos, p. 156, 2009.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas**. Brasília – DF, 2016. Dados disponíveis em: http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO_MENSAL_2015.pdf. Acesso em: 30 mai. 2016.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2015.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Situação Social das Catadoras e dos Catadores de Material Reciclável e Reutilizável**. Brasília, 2013. Disponível em: <

http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/situacao_social/131219_relatorio_situacao_social_mat_reciclavel_brasil.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2015.

IYENGAR, S. R.; BHAVE, P. P. In-vessel composting of household wastes. **Waste Management**, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/>>. Acesso em: 8 maio 2016.

JACOBI, P.; BESEN, G. R. **Gestão de resíduos sólidos na Região Metropolitana de São Paulo: avanços e desafios**. São Paulo em Perspectiva. São Paulo, Fundação Seade, v. 20, n. 2, p. 90-104, 2006.

JACOBI, P.; BESEN, G. R. **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade**. Estudos Avançados, p. 135-157, 2011.

JOIA, P. R.; SILVA, M. S. F. Sistema de coleta seletiva dos resíduos sólidos domiciliares produzidos na cidade de Aquidauana. In: IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal. **Anais Eletrônicos**. Corumbá-MS. SIMPAN-Sustentabilidade Regional, 2004. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/agencia/simpan/sumario/artigos/aspercetos/pdf/socio/330SC_Joi_a_1_OKVisto.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2015.

KADER, N. A. E.; ROBIN, P.; PAILLAT, J. M.; LETERME, P. Turning, compacting and the addition of water as factors affecting gaseous emissions in farm manure composting. **Bioresource Technologic**, v. 98, p. 2619-2628, 2007.

KARPINSK, L. A.; PANDOLFO, A.; REINEHR, R.; KUREK, J.; PANDOLFO, L.; GUIMARÃES, J. Gestão diferenciada de resíduos da construção civil. Porto Alegre: **Edipucros**, p. 163, 2009.

KATAYAMA, M. **Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão**. IN: NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS. Piracicaba. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.141-148, 1993.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Editora Agronômica Ceres Ltda. Piracicaba, p. 492, 1985.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba, 1998.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. 3ª ed. Piracicaba, p. 171, 2002

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

KUMAR, V. R. S. et al. Chemical Changes During Composting of Dead Birds With Caged Layer Manure. **Journal of Applied Sciences Research**, Faisalabad, v. 3, n. 10, p. 1100-1104, 2007.

LANARV - LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA VEGETAL. **Análise de Corretivos, fertilizantes e Inoculantes**. Métodos Oficiais. p. 103, 1988.

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

LEGISLAÇÃO. **Política Nacional dos Resíduos Sólidos**. Lei 12.305/2010. Disponível em: <<http://legislacao.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 01 jun 2015.

LEGISLAÇÃO. **Agricultura orgânica**. Lei 6.323/2007. Disponível em: <<http://legislacao.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 21 jul 2015.

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

LIMA, C. C.; MENDONÇA, E. S.; SILVA, I. R.; SILVA, L. H. M.; ROIG, A. Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 334-340, 2009.

LIMA, J. D. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: ABES, p. 267, 2001.

LIMA, L. M. Q. **Lixo: tratamento e biorremediação**. São Paulo: Editora Hemus, p. 265, 2004.

LIMA, M. E. de. **Avaliação do desempenho da cultura da alface (*Lactuca sativa*) cultivada em sistema orgânico de produção, sob diferentes lâminas de irrigação e coberturas do solo**. 2007. 77 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2007.

LIMA, P. C. V. (Org.). **O Catador é legal**. Minas Gerais: Ministério Público de Minas Gerais, 2012.

LOPES, A. S. **Manual internacional de Fertilidade do Solo**. 2ª ed. Piracicaba: ANDA/POTAFOTOS, 1998.

LOPEZ-REAL, J. Composting through the ages. **Conference Down to Earth Composting**. Dundee, 1994.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed., Piracicaba: Potafos, p. 319, 1997.

MANAJLOVIC, M.; CABILOVSKI, R.; BAVEC, M. Organic materials: sources of nitrogen in the organic production of lettuce. **Turkish Journal of Agriculture & Forestry**, p.163-172, 2009.

MANO, E. B.; PACHECO, E. B. A. V.; BONELLI, C. M. C. **Meio Ambiente, Poluição e Reciclagem**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, p. 220, 2010.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos**. In: VERAS, M. C. M. (Org.). Brasília, p. 150, 2013.

MARGESIN, R.; CIMADOM, J.; SCHINNER, F. Biological activity during composting of sewage sludge at low temperatures. Int. **Biodegradation**, v. 57, p. 88-92, 2006.

MARINHO, A. C. C. S. **Matéria orgânica e atributos físico-químicos de um Cambissolo submetido a diferentes usos agrícolas e manejo do solo no semiárido da Chapada do Apodi-RN**. 2015. 57f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2015.

MASON, I. G.; MILKE, M. W. Physical modeling of the composting environment: A review. Part 1: Reactor systems. **Waste Management**, 2005.

McBRIDE, M.B. **Environmental chemistry of soils**. New York: Oxford University, p. 406, 1994.

MEES, J. B. R.; DAMASCENO, S.; BOAS, M. A. V.; FAZOLO, A.; SAMPAIO, S. C. Estabilização da biomassa de aguapé através da compostagem com águas residuárias de suínos e resíduos de frigorífico. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 709-716, 2009.

MENEZES, N. L.; SANTOS, O. S.; SCHMIDT, D. Produção de sementes de alface em cultivo hidropônico. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 705-706, 2001.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, p. 626, 2002.

MOURA, G. S. S. de. **Análise do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos do município de Mossoró-RN**. p.77. il. Monografia (Graduação em Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011. Disponível em: <<http://ebiblio.ufersa.edu.br/Download/22441.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2015.

MURGO, A. R.; RIBEIRO, L. A. A.; RAFAEL, M. F. A. **A Importância de um aterro sanitário na cidade de Jáu**. p. 55. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC em Administração) – Faculdades Integradas de Jáu - FIJ, São Paulo-SP, 2010. Disponível em: <<http://www.institutoproterra.org.br/attach/upload/tccaterrosanitariojau-sp.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2015.

NASCIMENTO, T. C. F.; MOTHE, C. G. Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais. **Revista Analytica**, n. 27, 2007.

NUNES, M. U. C. **Produtividade de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) sob cobertura plástica e em campo aberto no Acre**. Rio Branco: EMBRAPA CPAFAC, p. 3, 1986. (EMBRAPA CPAFAC, Documentos, 15).

OLIVEIRA, A. L. M.; COSTA, K. D. R.; FERREIRA, D. C.; MILANI, K. M. L.; DOS SANTOS, O. J. A. P.; SILVA, M. B.; ZULUAGA, M. Y. A. Aplicações da biodiversidade bacteriana do solo para a sustentabilidade da agricultura. BBR - **Biochemistry and**

Biotechnology Reports, v. 3, p. 56-77, 2014. Disponível em:

<<file:///C:/Users/Ufersa3BV/Downloads/18398-84158-1-PB.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2015.

OLIVEIRA, E. C. A.; SARTORI, R. H.; GARCEZ, T. B.; CERRI, C. E. P. **Compostagem**. Matéria Orgânica do Solo. Programa de Pós-Graduação em solos e nutrição de plantas.

Piracicaba-SP. p. 19, 2008. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2015.

OLIVEIRA, E. Q.; BEZERRA NETO, F. B.; NEGREIROS, M. Z.; BARROS JÚNIOR, A. P.; FREITAS, K. K. C.; SILVEIRA, L. M.; LIMA, J. S. S. Produção e valor agroeconômico no consórcio entre cultivares de coentro e de alface. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 285-289, 2005.

ORRICO, M. A. P. J. **Biodigestão anaeróbia e compostagem de dejetos de suínos, com e sem separação de sólidos**. p. 93. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jabotical-SP, 2007. Disponível em:

<<http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/zoo/m/3346.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2015.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. Compostagem dos resíduos da produção agrícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n. 3, p. 538-545, 2010.

PAIVA, ED. C. R.; MATOS, A. T.; SARMENTO, A. P.; PAULA, H. M.; JUSTINO, E. A. Avaliação de sistema de tratamento de carcaças de frangos pelo método da composteira-windrow. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, n 3, v. 1, p. 19-27, 2011. Disponível em: <[http:///C:/Users/USUARIO/Downloads/16820-68937-1-PB%20\(1\).pdf](http:///C:/Users/USUARIO/Downloads/16820-68937-1-PB%20(1).pdf)>. Acesso em: 5 jun. 2015.

PAIVA, J. L. de. **Avaliação microbiológica da alface (Lactuca sativa) em sistema de cultivo hidropônico e no solo, correlacionando os microrganismos isolados com os encontrados em toxinfecções alimentares em municípios da região Noroeste de São Paulo - SP**. p. 115. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) – Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto-SP. 2011. Disponível em:

<<http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94842/000642743.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 5 jan. 2016.

PARÁ. Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Programa Paraense de Tecnologias Apropriadas. **Compostagem**: produção de adubo a partir de resíduos orgânicos. Belém: SECTAM, 2003.

PERREIRA, A. Estudo comparativo sobre o gerenciamento de resíduos sólidos Municipais e Reciclagem entre as Cidades de São Paulo e Londres. In: VI Encontro Nacional da Anppas. Belém-Pará, p. 17, 2012. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br>>. Acesso em: 30 mai. 2015.

PEREIRA NETO, J. T. **A low cost technology approach on the treatment of municipal refuse and sewage sludge using aerated static pile composting**. 198f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade de Leeds, Inglaterra, 1987.

PEREIRA NETO, J. T. Monitoramento da eliminação de organismos patogênicos durante a compostagem de resíduos urbanos e lodo de esgoto pelo sistema de pilhas estáticas aeradas. **Engenharia Sanitária**, v. 27, p. 148-152, 1988.

PEREIRA NETO, J. T. Conceitos modernos de compostagem. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. ABES, Rio de Janeiro-RJ, n. 2, p. 104-109, 1989. Disponível em: <http://www.abes-dn.org.br/d2_publicacoes_eng.html>. Acesso em: 21 jun. 2015.

PEREIRA NETO, J. T.; VITORINO, K. M. N.; NÓBREGA, C. C. **Avaliação do processo de compostagem pela redução da relação C/N**. Trabalho apresentado no IV Encontro S. B. Q. Viçosa – Minas Gerais, 1990.

PEREIRA NETO, J. T. Tratamento, reciclagem e impacto ambiental de dejetos agrícolas. In: Conferência sobre Agricultura e Meio Ambiente, 1., 1992, Viçosa. **Anais**. UFV-NEPEMA. Viçosa, p. 61-74, 1994.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Belo Horizonte. UNICEFV, p. 56, 1996.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. UFV. Viçosa, p. 81, 2007.

PIRES, A. M. M. **Uso agrícola de composto de lixo urbano: benefício ou prejuízo. EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Pires_compostoID-CuG2uuX4Ti.pdf>. Acesso em: 10 de jul. 2015.

PIRES, G. **Consequência do lixo**. 2014. Disponível em: <<http://lixoquimica.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 05 dez. 2015.

PIRES, J. F. **Impacto da fertilização química e orgânica na produtividade em alguns aspectos qualitativos de alface e repolho produzidos no Distrito Federal**. Brasília, 2003. 147 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade de Brasília – UnB, 2003.

PMM – PREFEITURA MUNICIPAL DE MOSSORÓ. **Secretaria de serviços urbanos**. 2014. Disponível em: <<http://www.prefeiturademossoro.com.br/secretarias-e-orgaos/secretarias/secretaria-municipal-de-servicos-urbanos>>. Acesso em: 05 mai. 2015.

PMM – PREFEITURA MUNICIPAL DE MOSSORÓ. **Secretaria de serviços urbanos**. 2015. Disponível em: <<http://www.prefeiturademossoro.com.br/blog/servicos-urbanos/2234>>. Acesso em: 20 mai. 2015.

PORTO, M. L.; ALVES, J. D.; de SOUSA, A. P., ARAUJO, R. D., de ARRUDA, J. A. Nitrate production and accumulation in lettuce as affected by mineral Nitroge supply and organic fertilization. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 227-230, 2008.

PORTO, V. C. N. **Bicultivo de alface e rúcula consorciadas com cenoura em faixas**. 2008. p. 90. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2008. Disponível em: <

<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/82/Teses/TESVANIAPORTO.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2016.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Portal da transparência**. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.capital.sp.gov.br/portal/noticia/3351/#ad-image-0>. Acesso em: 5 jul. 2016.

QUEIROGA, R. C. F.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z.; OLIVEIRA, A. P.; AZEVEDO, C. M. S. B. Produção de alface em função de cultivares e tipos de tela de sombreamento nas condições de Mossoró-RN. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 192-196, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/hb/v19n3/v19n3a06.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2015.

RADIN, B.; REISSER JÚNIOR, C.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Crescimento de cultivares de alface em estufa e a campo. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 178-181, 2004.

RESENDE, F. V.; SAMINÊZ, T. C. O.; VIDAL, M. C.; SOUZA, R. B. de; CLEMENTE, F. M. V. **Cultivo de alface em sistema orgânico de produção**. Brasília: Embrapa Hortaliça, p. 16, 2007. (Circular Técnica, 56).

REZENDE, J. H. Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP). **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 1-8, 2013.

RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. Avaliação de matérias orgânicos empregados como fertilizantes. **Ciências Agrícolas**, v. 51, n. 3, p. 556-562, 1994. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sa/v51n3/29.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2015.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 359, 1999.

RODRIGUES, C. S. **Contaminação microbiológica em alface e couve comercializadas no varejo de Brasília-DF**. Brasília, 2007. 29 p. Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília – UnB, 2007.

RODRIGUES, E. T. **Efeito das adubações orgânica e mineral sobre o acúmulo de nutrientes e sob o crescimento da alface (Lactuca sativa.)**. 1990.60f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1990.

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.

SANTOS, C. S. **Diagnóstico da produção familiar de leite caprino em Mossoró-RN: aspectos sociais, econômicos, ambientais e higiênico-sanitários**. p. 139. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido-Mossoró-RN, 2014. Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/225/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20CAIO%20S%C3%89RGIO%20SANTOS%20P%20IMPRIMIR.pdf>>. Acesso em: 1 jun. 2015.

SANTOS, D. A. D.; FLORES, M. **Compostagem acelerada de resíduos alimentares utilizando o acelerador de compostagem EMBIOTIC LINE**. p. 60. Trabalho de Graduação (conclusão do Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental Modalidade Controle Ambiental) - Faculdade de Tecnologia- FT, Limeira-SP, 2012. Disponível em: <http://www.kmambiente.com.br/docs/Embiotic_Acelerador_de_Compostagem.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2015.

SANTOS, R. H. S.; SILVA, F.; CASALI, V. W. D.; CONDE, A. R. Residual effect of organic compost on lettuce growth and yield. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1395-1398, 2001.

SHARMA, V. K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA, C. Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic composting: review. **Energy Conversion and Management**, v. 38, p. 453-478, 1997.

SHAUB, S. M.; LEONARD, J. J. Composting: An alternative waste management option for food processing industries. **Trends in Food Science & Technology August**, v. 7, p. 263-267, 1996.

SILVA, A. C.; HORÁK, I.; TORRADO, P. V.; CORTIZAS, A. M.; RACEDO, J. R.; CAMPOS, J. R. R. Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional-MG. II-Influência da drenagem na composição elementar e substâncias húmicas. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p.1399-1408, 2009.

SILVA, A. L. B. **Análise do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no município de Mossoró-RN**. p. 10. Artigo científico (Especialização em Engenharia Ambiental) – Universidade Candido Mendes. Rio de Janeiro-RJ, 2015. Disponível em: <<http://www.ucamprominas.com.br/cursos/posgraduacao>>. Acesso em: 2 jun. 2015.

SILVA, D. J.; MOUCO, M. A. do C.; GAVA, C. A. T.; GIONGOS, V.; PINTO, J. M. **Composto orgânico em mangueiras (Mangífera indica L.) cultivadas no semiárido do Nordeste Brasileiro**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal-SP, v. 35, n. 3, p. 875-882, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v35n3/a26v35n3.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2015.

SILVA, F. A. de M.; GUERRERO LOPEZ, F.; VILLAS BOAS, R. L.; SILVA, R. B. da. Transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas durante a compostagem de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n 1, p. 59-66, 2009.

SILVA, F. C.; PIRES, A. M. M.; RODRIGUES, M. S.; BARREIRA, L. **Gestão pública de resíduos sólidos urbanos: Compostagem e Interface Agro-Florestal**. Botucatu: FEPAF, p. 204, 2009.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H. et al. (Eds.). Fertilidade do solo. **Revista Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**: Viçosa-MG, cap. 6, p. 275-374, 2007.

SILVA, J. A. DA. **Direito ambiental constitucional**. 2ª ed. São Paulo: Malheiros, 1995. 4ª ed. rev. atual. São Paulo: Malheiros, 2002. Disponível em: <<http://www.ambito->

juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=7500#_ednref2>. Acesso em: 2 jun. 2015.

SILVA, M. S.; COSTA, L. A.; SESTAK, M.; OLIBONE, D.; KAUFMANN, A. V.; ROTTA, S. R.; SESTAK, R. Monitoramento da temperatura em dois sistemas de compostagem (com e sem aeração forçada) de resíduos sólidos da indústria de desfibrilação de algodão com diferentes tipos de inóculo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, p. 30, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais**. Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. Cascavel. CD ROM.

SILVA, N. R.; CAMARGO, A. P. F.; WANGER, D. R. B. **Produção orgânica de alface adubada com diferentes tipos de compostos orgânicos**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 2151-2158, 2013.

SILVA, O. M. dos P. da. **Desempenho e qualitativo de cultivares de alface em diferentes épocas de plantio em Mossoró-RN**. p. 102. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN. 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Desktop/Pilha/Disserta%C3%A7%C3%A3o-2014-OTACIANA-MARIA-DOS-PRAZERES-DA-SILVA.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2016.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO: **Diagnóstico de Manejo de Resíduos Urbanos**. 2013. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWREnterTERTer=106>>. Acesso em: 30 mar. 2015.

SOUSA JUNIOR, F. S., et al. Educação ambiental e gestão dos resíduos sólidos da associação reciclando para a vida – ACREVI, Mossoró – RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 64-71, 2008.

SOUSA JUNIOR, F. S. **Desenvolvimento e gerenciando compostagem de resíduos sólidos urbanos: para geração de renda e repasse de tecnologia à Acrevi**. p. 130. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN. 2011. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/18675/1/pdf>>. Acesso em: 5 mai. 2015.

STENTIFORD, E. I.; PEREIRA NETO, J. T.; MARA, D. D. Diversity of composting system. In: MARA, D. D. (ed.). Low cost composting - Research Monographs in Tropical Public Health Engineering. **Leeds: University of Leeds**, 1996.

SWIFT, R. S. Sequestration of carbon by soil. **Soil Science**, v. 166, p. 858-871, 2001.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, p. 173, 1995.

TEIXEIRA, C. **Dinâmica de gases (CO₂, O₂ e CH₄) e da temperatura em compostagem estática com aeração natural no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro**. p. 46. Trabalho de Conclusão. Curso de Agronomia, UFSC, Florianópolis, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/119708>>. Acesso em: 4 jun. 2015.

TEIXEIRA, I. **Vamos Cuidar do Brasil: 4º Conferência Nacional do Meio Ambiente – Resíduos Sólidos**. Texto Orientador. 2º Edição. Brasília, 2013.

TRANI, P. E.; PURQUERIO, L. F. V.; FIGUEIREDO, G. J. B.; BLAT, S. F.; COSTA, C. P. da. Alface. In: AGUIAR, A. T. da E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; et al. **Instrumentos agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7ª edição revisada e atualizada. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 452, 2014. (Boletim IAC, n. 200).

TRAUTMANN, N.; OLYNCIW, E. Compost Microorganisms. In: CORNELL Composting, **Science & Engineering**. 2005. Disponível em: <<http://compost.css.cornell.edu/microorg.html>>. Acesso em: 25 jun. 2015.

TROSCHINETZ, A. M.; MIHELICIC, J. R. Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries. **Waste Management**, n. 29, p. 915-923, 2009.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM, B. de S.; CABRERA, B. R.; MORAES, P. de O.; LOPES, D. C. N. Artigo científico: Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Arch. Zootec.**, v. 58. p. 59-85, 2009. Disponível em: <http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/07_18_48_1395REVISIONFatoresValente1.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2015

VALLINI, G. **Il compostaggio in la protezione dell'ambiente in Italia**. In: Ed BERTINI, I.; IPOLLINI, R.; TUNDO, P. (Bologna, Italia). Consiglio Nazionale delle Recherche, Società Chimica Italiana e Consorcio Interuniversitario Chimica per l'Ambiente. p. 83-134, 1995.

VERAS, L. R. V.; POVINELLI, J. A vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 9, n 3, p. 7, 2004. Disponível em: <<http://www.abesdn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v9n3/p218a224.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2015.

WIEGO - WOMEN IN INFORMAL EMPLOYMENT: GLOBALIZING AND ORGANIZING. **Enfocándonos en las trabajadoras informales: recicladoras de basura**. Cambridge. Disponível em: Acesso em: 2 jul. 2016.

YEOMANS, J. C.; BREMMER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

ZANTA, V. M.; FERREIRA, C. F. A. **Principais Processos de Degradação de Resíduos Sólidos Urbanos**. In CASTILHOS JR., J. A. Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para municípios de Pequeno Porte. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, p. 19-50, 2003.

ZHANG, Y.; HE, Y. Co-compostig solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. **Bioresource Technol.**, v. 97, p. 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 Rat, p. 109-137, 1986.