



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

ANA KALINE DA COSTA FERREIRA

**COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E SEUS EFEITOS NO CULTIVO
DO TOMATE CEREJA**

MOSSORÓ – RN

2016

ANA KALINE DA COSTA FERREIRA

**COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E SEUS EFEITOS NO CULTIVO
DO TOMATE CEREJA**

Tese 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 “Doutor em Manejo de Solo e Água”.

Linha de Pesquisa: Manejo de Solo e Água na Agricultura

Orientador: Prof^o. Dr^o. Nildo da Silva Dias
– UFERSA

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 tomar-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, ANA KALINE DA COSTA.
COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E SEUS
EFEITOS NO CULTIVO DO TOMATE CEREJA / ANA KALINE
DA COSTA FERREIRA. - 2016.
163 f. : il.

Orientador: NILDO DA SILVA DIAS.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Manejo de Solo e Água, 2016.

1. Ambiente protegido. 2. Adubação orgânica. 3.
Lycopersicum esculentum Mill. 4. Catadores de
materiais recicláveis. 5. Sustentabilidade
ambiental. 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.

ANA KALINE DA COSTA FERREIRA

**COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E SEUS EFEITOS NO CULTIVO
DO TOMATE CEREJA**

Tese 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 “Doutora em Manejo de Solo e Água”.

Linha de Pesquisa: Manejo de Solo e Água na Agricultura

APROVADA EM: 28/11/2016

BANCA EXAMINADORA

Nildo da Silva Dias

Prof^o. Dr^o. Nildo da Silva Dias (UFERSA)
Presidente

Kaline Dantas Travassos

Prof^a. Dr^a. Kaline Dantas Travassos (UFERSA)
Membro Examinador

Vânia Christina Nascimento Porto

Prof^a. Dr^a Vânia Christina Nascimento Porto (UFERSA)
Membro Examinadora

Francisco Souto de Sousa Junior

Prof^o. Dr^o. Francisco Souto de Sousa Junior (UVA)
Membro Examinador

Khadidja Dantas Rocha de Lima

Dr^a. Khadidja Dantas Rocha de Lima (UVA)
Membro Examinador

Dedico

A minha filha, como incentivo a valorizar as oportunidades que Deus nos proporciona.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, que é o Alfa e o Ômega, o Princípio e o Fim, o Primeiro e o Derradeiro, sem Ele nada do que foi realizado teria sido possível.

Meus **pais** (Maurílio Pinheiro da Costa e Maria de Fátima da Costa) por terem me ensinado o caminho da honestidade e ética cristã.

A **minha mãe**, em especial, por sempre ter acreditado que seria possível, pela dedicação, amor, apoio e motivação nas horas difíceis.

A **minha família** linda que Deus me proporcionou, **filha Anne Caroline da Costa Ferreira**, pela alegria e amor, **esposo Alexandre Ferreira da Silva**, pela paciência, dedicação e cuidados quando precisei.

Ao meu Orientador, **Nildo da Silva Dias**, pela oportunidade, ensinamentos, generosidade, amizade e paciência nos momentos de indecisão.

A minha amiga em especial, **Daianni Ariane da Costa Ferreira**, pelo apoio incondicional e paciência.

Ao meu amigo em especial, **Francisco Souto de Sousa Júnior**, pelo carinho, ajuda e dedicação.

Às minhas amigas, **Karen Mariany Pereira Silva**, **Kaline Dantas Travassos** e **Ana Cláudia Medeiros Souza** por todo o apoio, cumplicidade e colaboração em todos os momentos desta caminhada.

A meu amigo e técnico de laboratório do LASAP, **Elídio Andrade Barbosa**, pela colaboração nas análises químicas, sugestões, ensinamentos e por toda a ajuda durante este percurso.

Aos **bolsistas de graduação** da equipe engajada na pesquisa, pela contribuição nas atividades semanais durante a realização da pesquisa.

A professora **Eulene Francisco da Silva**, pela amizade, ideias e contribuição no desenvolvimento do trabalho.

À **Associação Comunitária Reciclando para a Vida**, pelo apoio e colaboração dos catadores na realização deste trabalho.

A professora **Vânia Porto**, pelo apoio e contribuição na realização da pesquisa.

Ao **Núcleo Macambira** de Agroecologia pelo apoio financeiro.

À **Universidade Federal Rural do Semi-Árido** pela oportunidade que me foi dada á qualificação.

Aos meus amigos e coordenadores que estiveram à frente do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas e do LASAP, **Jeane Cruz Portela, Miguel Ferreira Neto e José Francismar de Medeiros**, pelo apoio e compreensão.

Aos **professores** do Programa de Pós-graduação em de Manejo de Solo e Água – PPGMSA e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido – **UFERSA**, pela oportunidade concedida à realização deste curso.

.

“Porque Dele, e por Ele, e para Ele são todas
as coisas; glória, pois, a Ele eternamente.
Amém!”

Romanos 11:36

RESUMO

FERREIRA, A.K.C. **Compostagem de resíduos orgânicos e seus efeitos no cultivo do tomate cereja**. 2016. 162 f. Tese (Doutorado em Manejo do Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2016.

A compostagem é uma solução para reciclagem de resíduos orgânicos, transformando-os em composto que podem ser utilizados como aporte de nutrientes para qualquer espécie vegetal, tendo destaque para o grupo das hortaliças. O objetivo do presente estudo foi aproveitar os resíduos sólidos biodegradáveis, viabilizando a produção de adubos orgânicos por meio da técnica de compostagem, com vista à sua aplicação no cultivo do tomate cereja. A pesquisa foi fundamentada em dois experimentos. O primeiro foi desenvolvido através de uma pesquisa ação na Associação Comunitária Reciclando para a Vida, localizada no município de Mossoró/RN. A técnica de compostagem foi desenvolvida de acordo com o método “windrow”, com a construção de cinco pilhas. Monitorados até a fase final da compostagem, parâmetros como: temperatura, umidade, pH, carbono orgânico total, nitrogênio total, e relação C/N. Nos compostos maturados foram realizadas análises de substâncias húmicas, macro e micronutrientes, contaminantes químicos (Cd, Ni e Pb), coliformes totais e termotolerantes, Salmonella, observações visuais da maturação e sugestão de embalagem e rotulagem dos compostos orgânicos produzidos. O segundo experimento foi desenvolvido em ambiente protegido, no Campo Oeste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Mossoró/RN, com a finalidade de observar os efeitos dos compostos orgânicos produzidos no cultivo do tomate cereja. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco repetições e cinco tratamentos, os adubos orgânicos, produzidos no primeiro experimento foi combinado com fibra de coco (1: 1). Na cultura foram realizadas avaliações de crescimento, produção, qualidade pós-colheita, nutrição e análise microbiológica. Os compostos orgânicos estabilizados atingiram resultados satisfatórios com valores da relação C/N entre 12/1 a 16/1, apresentando-se como bons condicionantes de solo com potencial para melhorar as características físico-químicas de um solo que apresente deficiência nutricional. Os teores de contaminantes químicos avaliados foram bem inferiores aos estabelecidos nas principais legislações europeias, americanas e instrução normativa vigente, mostrando estar dentro dos parâmetros de qualidade para os compostos orgânicos que terão aplicações como fertilizantes e condicionadores de solo. Os compostos produzidos apresentaram ausência de coliformes totais, termotolerantes e Salmonella. Na cultura, a produção orgânica mostrou-se satisfatória por favorecer um produto de qualidade isento de deficiência nutricional e saudável devido a ausência de patógenos. O tratamento T5, apresentou um melhor resultado com maior fitomassa e produtividade média, indicando que quantidades significativas e diversificadas de resíduos alimentares influenciam na quantidade de nutrientes que estarão disponíveis para a cultura. Os resultados permitem afirmar que a aplicação de esterco bovino e restos alimentares na compostagem, em pequena escala, originou um produto com características nutricionais adequadas e não alterou a qualidade microbiológica dos compostos e concomitantemente dos tomates cultivados, resultando na produção de frutos saudáveis. Isso favorece o sistema de produção orgânica como um potencial de mercado e uma alternativa econômica para os produtores familiares.

Palavras-chave: Ambiente protegido. Adubação orgânica. *Lycopersicum esculentum* Mill. Catadores de materiais recicláveis. Sustentabilidade ambiental.

ABSTRAT

FERREIRA, A.K.C. **Composting of organic residues and their effects on the cultivation of cherry tomatoes.** 2016. 162 f. Thesis (Doctorate in Soil and Water Management) - Federal Rural Semi-Arid University (UFERSA), Mossoró-RN, 2016.

Composting is a solution for recycling organic waste, transforming them into compounds that can be used as nutrients for any plant species, with emphasis on the vegetable group. The objective of the present study was to take advantage of biodegradable solid waste, making possible the production of organic fertilizers by means of the composting technique, with a view to their application in the cultivation of cherry tomatoes. The research was based on two experiments. The first was developed through an action research in the Community Association Recycling for Life, located in the municipality of Mossoró/RN. The composting technique was developed according to the windrow method, with the construction of five piles. Controlled until the final phase of composting, parameters such as: temperature, humidity, pH, total organic carbon, total nitrogen, and C/N ratio. Analyzes of humic substances, macro and micronutrients, chemical contaminants (Cd, Ni and Pb), total and thermotolerant coliforms, Salmonella, visual observations of maturation and suggestion of packaging and labeling of the organic compounds produced were performed. The second experiment was carried out in a protected environment, in the West Field of the Federal Rural Semi-Arid University - UFERSA, Mossoró/RN, in order to observe the effects of the organic compounds produced in the cultivation of cherry tomatoes. The experimental design used was in randomized blocks, with five replicates and five treatments, the organic fertilizers produced in the first experiment were combined with coconut fiber (1:1). In the culture were evaluated growth, production, post-harvest quality, nutrition and microbiological analysis. The stabilized organic compounds reached satisfactory results with C/N values between 12/1 to 16/1, presenting as good soil conditioners with potential to improve the physicochemical characteristics of a soil that presents nutritional deficiency. The levels of chemical contaminants evaluated were well below those established in the main European, American and normative legislation, showing that they are within the parameters of quality for the organic compounds that will have applications as fertilizers and soil conditioners. The compounds produced showed absence of total coliforms, thermotolerant and Salmonella. In the crop, the organic production was satisfactory to favor a product of quality free of nutritional and healthy deficiency due to the absence of pathogens. The T5 treatment presented a better result with higher phytomass and average productivity, indicating that significant and diversified amounts of food residues influence the amount of nutrients that will be available to the crop. The results allow us to affirm that the application of cattle manure and dietary residues in small scale composting originated a product with adequate nutritional characteristics and did not alter the microbiological quality of the compounds and concomitantly of the cultivated tomatoes, resulting in the production of healthy fruits. This favors the organic production system as a market potential and an economic alternative for family farmers.

Keywords: Protected environment. Organic fertilization. *Esculentum lycopersicum* Mill. Waste pickers. Environmental sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Participação das regiões do Brasil na coleta dos RSU.....	23
Figura 2	Veículo empregado na coleta seletiva de Mossoró pelos catadores e associados da ACREVI.....	29
Figura 3	Separação e armazenamento dos RSU pelos catadores e associados da ACREVI.....	29
Figura 4	Fases da compostagem.....	34
Figura 5	Total de vendas orgânicas U.S e crescimento nos anos de 2006-2015.....	40
Figura 6	Caminho da pesquisa.....	47
Figura 7	Localização da Associação Comunitária Reciclando para a Vida – ACREVI..	48
Figura 8	Coleta e moagem do material vegetal.....	49
Figura 9	Tipos de restos de comida utilizados no experimento.....	49
Figura 10	Meio de armazenamento dos resíduos alimentares.....	50
Figura 11	Medição para a construção das pilhas de compostagem.....	51
Figura 12	Construção das pilhas – primeira camada, segunda camada até o topo.....	53
Figura 13	Demonstração da irrigação e revolvimento manual.....	53
Figura 14	Coleta da amostra – Método do quarteamento.....	53
Figura 15	Demonstração da medição das pilhas em diferentes alturas.....	54
Figura 16	Demonstração da análise da umidade e o material em estado inicial de decomposição na estufa para estabilização de peso.	55
Figura 17	Demonstração das amostras preparadas para análise do pH.....	56
Figura 18	Fases na análise do nitrogênio Total.....	59
Figura 19	Demonstração das análises de substâncias húmicas com as separações dos ácidos fúlvicos, húmicos e húmicos.....	62
Figura 20	Equipamentos onde foram realizadas as análises de nutrientes e contaminantes químicos.....	67
Figura 21	Demonstração do resultado das análises bacteriológicas.....	69
Figura 22	Mapa da área.....	71

Figura 23	Vista externa (A) e interna (B) da casa de vegetação.....	72
Figura 24	Preenchimento inicial dos vasos (A); Montagem do experimento (B).....	72
Figura 25	Demonstração da mistura do composto e substrato de fibra de coco.....	73
Figura 26	Esquema da distribuição dos tratamentos do experimento no ambiente protegido.....	74
Figura 27	Demonstração da produção das mudas de tomate cereja em células.....	75
Figura 28	Transplântio das mudas do tomateiro.....	75
Figura 29	Descrição do tipo de irrigação utilizada no experimento em vasos, implantado em casa de vegetação pertencente à UFERSA, localizada no município de Mossoró/RN, realizado em março de 2016, onde: botão gotejador (A) e haste emissora (B).	76
Figura 30	Composição do sistema de bombeamento da irrigação utilizada no experimento em vasos, na casa de vegetação pertencente à UFERSA, localizada no município de Mossoró/RN, realizado em março de 2016.....	76
Figura 31	Demonstração do tutoramento realizado nos tomateiros do experimento em casa de vegetação pertencente à UFERSA, localizada no município de Mossoró/RN, realizado em março de 2016.....	77
Figura 32	Demonstração da medida da altura: (A) início (15 DAT) e (B) 90 DAT realizado nos tomateiros do experimento em casa de vegetação pertencente à UFERSA, localizada no município de Mossoró/RN, realizado em 2016.....	79
Figura 33	Demonstração da medida do diâmetro do caule (A) 15 DAT e (B) 90 DAT realizado nos tomateiros do experimento em casa de vegetação pertencente à UFERSA, localizada no município de Mossoró/RN, realizado em 2016.....	79
Figura 34	Demonstração da medida do peso (A) e volume (B) do fruto obtido no experimento em casa de vegetação pertencente à UFERSA, localizada no município de Mossoró/RN, realizado em 2016.....	81
Figura 35	Demonstração das análises microbiológicas: Salmonela (A) e Coliformes (B)	82
Figura 36	Registro de precipitação, temperatura e umidade durante o processo de compostagem.....	84
Figura 37	Variação da temperatura nas cinco pilhas durante o processo de compostagem.....	94
Figura 38	Variação da umidade nas cinco pilhas durante o processo de compostagem....	96
Figura 39	Variação do pH nas cinco pilhas durante o processo de compostagem.....	99
Figura 40	Variação do COT nas cinco pilhas durante o processo de compostagem.....	101
Figura 41	Variação do NT nas cinco pilhas durante o processo de compostagem.....	103

Figura 42	Variação da relação C/N nas cinco pilhas durante o processo de compostagem.....	105
Figura 43	Média das Frações de carbono das substâncias Húmicas nas das cinco pilhas no estágio final do processo de compostagem.....	108
Figura 44	Média dos macronutrientes das cinco pilhas no estágio final do processo de compostagem.....	110
Figura 45	Média dos micronutrientes das cinco pilhas no estágio final do processo de compostagem.....	113
Figura 46	Média do contaminante níquel nas cinco pilhas no estágio final do processo de compostagem.....	116
Figura 47	Demonstração da coloração do composto final.....	119
Figura 48	Demonstração da redução de volume no processo de compostagem realizado na ACREVI – Mossoró/RN.....	119
Figura 49	Demonstração dos fungos presentes nas pilhas de compostagem.....	120
Figura 50	Demonstração do teste de mão realizado nos compostos maturados.....	120
Figura 51	Demonstração do teste da bolota realizado nos compostos maturados.....	121
Figura 52	Demonstração da embalagem para armazenamento dos compostos orgânicos.	122
Figura 53	Demonstração da rotulagem do composto orgânico produzido a partir da pilha 1(15% de E e 15% RC).....	123
Figura 54	Registro de precipitação, temperatura e umidade durante a realização do experimento na UFERSA – Mossoró/RN em 2016.....	124
Figura 55	Média das variáveis: número de folhas (NF); área foliar (AF); massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA)	126
Figura 56	Porcentagem dos macronutrientes absorvidos no tecido foliar dos tomateiros cultivados nos diferentes tratamentos.....	131
Figura 57	Porcentagem dos micronutrientes absorvidos no tecido foliar dos tomateiros cultivados nos diferentes tratamentos.....	133
Figura 58	Porcentagem dos macro e micronutrientes absorvidos nos frutos dos tomateiros durante o ciclo de cultivo nos diferentes tratamentos.....	137
Figura 59	Média das variáveis pós-colheita dos frutos nos diferentes tratamentos.....	140

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores de geração e coleta de RSU nos anos de 2013 e 2014.....	22
Tabela 2	Valores mínimos e tolerantes exigidos para que um composto seja comercializado com parâmetros de qualidade.....	37
Tabela 3	Materiais e reagentes utilizados na determinação de COT.....	56
Tabela 4	Materiais e reagentes utilizados na determinação de NT.....	58
Tabela 5	Materiais e reagentes utilizados na determinação das SH.....	60
Tabela 6	Materiais e reagentes utilizados na determinação do potássio.....	63
Tabela 7	Materiais e reagentes utilizados na determinação do fósforo.....	64
Tabela 8	Materiais e reagentes utilizados na determinação dos micronutrientes e contaminantes químicos.....	66
Tabela 9	Proporção dos tratamentos utilizados no segundo experimento.....	73
Tabela 10	Caracterização química da água utilizada para irrigação do experimento em vasos, na casa de vegetação pertencente à UFERSA – Mossoró/RN em 2016.....	77
Tabela 11	Quantificação dos teores de carbono nas substâncias húmicas nos compostos orgânicos produzidos	106
Tabela 12	Quadrado médio dos nutrientes das cinco pilhas no estágio final do processo de compostagem.....	109
Tabela 13	Porcentagens referentes aos macronutrientes analisados em todos os tratamentos no estágio final do processo de compostagem.....	111
Tabela 14	Porcentagens referentes aos macronutrientes analisados em todos os tratamentos no estágio final do processo de compostagem.....	112
Tabela 15	Quadrado médio dos contaminantes químicos das cinco pilhas no estágio final do processo de compostagem.....	113
Tabela 16	Teores aceitáveis de contaminantes químicos em mg Kg ⁻¹ para compostos orgânicos e os valores encontrados na pesquisa.....	114
Tabela 17	Resultados das análises microbiológicas no estágio final do processo de compostagem comparado com IN n ^o 27/2006.....	117

Tabela 18	Análise de variância para as características de crescimento: altura de plantas (AP); diâmetro do caule (DC); comprimento da raiz (CR); número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA); massa seca da parte aérea (MSPA) e área foliar (AF) em função dos diferentes compostos orgânicos e dias de cultivo do tomate tipo cereja.....	125
Tabela 19	Análise de variância para a nutrição foliar dos tomateiros nos diferentes tratamentos aos 90 DAT.....	128
Tabela 20	Média dos macronutrientes no tecido foliar nos diferentes tratamentos aos 90 DAT.....	130
Tabela 21	Média dos micronutrientes no tecido foliar nos diferentes tratamentos.	132
Tabela 22	Análise de variância para a nutrição dos frutos dos tomateiros nos diferentes tratamentos coletados durante o ciclo.....	134
Tabela 23	Média dos macronutrientes nos frutos do tomateiro cultivados em diferentes tratamentos.....	135
Tabela 24	Média dos macronutrientes nos frutos do tomateiro cultivados em diferentes tratamentos.....	136
Tabela 25	Análise de variância para as características química de pós-colheita: pH, sólidos solúveis (SS) e acidez titulável.....	138
Tabela 26	Análise de variância para as características: número de frutos (NFT), peso do fruto (PFT), diâmetro transversal do fruto (DT) e diâmetro longitudinal do fruto (DL).....	141
Tabela 27	Média das variáveis peso do fruto (PFt), diâmetro transversal (DT) e diâmetro longitudinal (DL)	141
Tabela 28	Estimativa de produção: número de frutos (NFt) e peso em t ha ⁻¹ e kg m ⁻²	143
Tabela 29	Resultados da avaliação de agentes patogênicos nos frutos de tomate cereja cultivados em diferentes compostos orgânicos.....	146

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS.....	21
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	22
3.1	OS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	22
3.2	GERENCIAMENTO DE RSU E BIODEGRADÁVEIS.....	26
3.3	PROCESSO DA COMPOSTAGEM.....	30
3.4	FATORES INTERVENIENTES NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM.....	33
3.4.1	Temperatura.....	33
3.4.2	Umidade.....	34
3.4.3	pH.....	35
3.4.4	Aeração.....	35
3.4.5	Relação C/N.....	36
3.5	ATRIBUTOS DO COMPOSTO FINAL.....	36
3.6	SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO.....	38
3.7	CULTIVOS DE HORTALIÇAS EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO.....	40
3.8	CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE <i>LYCOPERSICON ESCULENTUM MILL</i> (TOMATE CEREJA).....	42
3.8.1	A espécie <i>lycopersicon esculentum</i> Mill (tomate cereja) sob cultivo orgânico.....	44
3.8.2	Produção do tomate cereja em ambiente protegido.....	45
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	47
4.1	PRIMEIRO EXPERIMENTO.....	47
4.1.1	Instalação e condução experimental.....	47
4.1.1.1	Coleta do material orgânico.....	48
4.1.1.2	Montagens e caracterização das pilhas em estudo.....	50
4.1.1.3	Monitoramento de parâmetros nas pilhas de compostagem.....	54
4.1.1.3.1	Temperatura.....	54
4.1.1.3.2	Umidade.....	55
4.1.1.3.3	pH.....	55

4.1.1.3.4	<i>Carbono Orgânico Total (COT)</i>	56
4.1.1.3.5	<i>Nitrogênio total (método Kjeldahl)</i>	57
4.1.1.3.6	<i>Relação Carbono/Nitrogênio (CN)</i>	59
4.1.1.3.7	<i>Substâncias húmicas</i>	60
4.1.1.3.8	<i>Nutrientes e contaminantes químicos</i>	62
4.1.1.3.9	<i>Análises Microbiológicas</i>	67
4.2	MATURAÇÃO OU CURA.....	69
4.2.1	Teste da mão	69
4.2.2	Teste da bolota	69
4.3	EMBALAGENS E ROTULAGENS DOS COMPOSTOS PRODUZIDOS.....	70
4.4	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	70
4.5	SEGUNDO EXPERIMENTO	70
4.5.1	Instalação e condução experimental	70
4.5.1.1	Unidade experimental	72
4.5.1.2	Delineamento experimental e tratamentos	72
4.5.2	Plantio e condução da cultura	74
4.5.2.1	Irrigação.....	75
4.5.2.2	Monitoramento climático no interior do ambiente protegido.....	78
4.5.3	Coleta de dados	78
4.5.3.1	Características avaliadas na cultura.....	78
4.5.3.1.1	<i>Variáveis de crescimento</i>	78
4.5.3.1.2	<i>Análise de matéria fresca e seca</i>	80
4.5.3.1.3	<i>Teores de macro e micronutrientes da folha</i>	80

4.5.3.1.4	<i>Teores de macro e micronutrientes do fruto</i>	80
4.5.3.1.5	<i>Variáveis pós-colheita e produção</i>	81
4.5.3.1.6	<i>Análise microbiológica</i>	82
4.6	INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	83
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
5.1	PRIMEIRO EXPERIMENTO.....	84
5.1.1	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DURANTE O EXPERIMENTO.....	84
5.1.2	MONITORAMENTO DE PARÂMETROS NAS PILHAS DE COMPOSTAGEM...	85
5.1.2.1	Temperatura	85
5.1.2.2	Umidade	94
5.1.2.3	pH	97
5.1.2.4	Carbono Orgânico Total (COT)	99
5.1.2.5	Nitrogênio Total	102
5.1.2.6	Relação Carbono/Nitrogênio (CN)	103
5.2	RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DE COLETAS REALIZADAS NO ESTÁGIO FINAL DAS PILHAS DE COMPOSTAGEM.....	106
5.2.1	Substâncias Húmicas	106
5.2.2	Quantidades dos nutrientes presentes nas pilhas no estágio final da compostagem	109
5.2.3	Quantidades dos contaminantes químicos presentes nas pilhas no estágio final da compostagem	114
5.2.4	Análises Microbiológicas nas pilhas no estágio final da compostagem	116
5.3	OBSERVAÇÕES VISUAIS /MATURAÇÃO OU CURA.....	118
5.4	EMBALAGENS E ROTULAGENS DOS COMPOSTOS PRODUZIDOS.....	121
5.5	SEGUNDO EXPERIMENTO.....	124

5.5.1	Temperaturas máximas, médias e mínimas durante a condução do experimento	124
5.5.2	Variáveis de crescimento.....	125
5.5.3	Teores de macro e micronutrientes no tecido vegetal.....	128
5.5.4	Teores de macro e micronutrientes no fruto.....	133
5.5.5	Variáveis de pós-colheita.....	137
5.5.6	Variáveis de produção.....	141
5.5.7	Análise microbiológica do fruto.....	145
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	148
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	150
	REFERÊNCIAS.....	151

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da sociedade atual é o estabelecimento de um sistema amplo e eficaz de gerenciamento de resíduos sólidos, principalmente devido ao processo de expansão e urbanização das cidades que, desencadeia crescimento populacional, trazendo produção elevada, consumo exagerado e problemas em massa. Assim, quanto mais se consome, mais recursos são empregados e, portanto, mais resíduos são produzidos. Deste modo, o gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos torna-se uma problemática ambiental, e esse problema é ainda mais acentuado quando se refere aos resíduos sólidos urbanos biodegradáveis, uma vez que, sua decomposição é rápida dificultando sua reciclagem, culminando com a emissão de gases poluentes (CO₂ e CH₄) que contribuem para o aumento do efeito estufa e, portanto, o aquecimento global, além da produção de um líquido (chorume) que pode se infiltrar no solo e contaminar os corpos hídricos.

Nesse contexto, surge a necessidade de ações que priorizem o gerenciamento dos resíduos sólidos biodegradáveis, que pode ser feito tanto por entidades oficiais responsáveis, como também por entidades não governamentais (associações, cooperativas, empresas). No entanto, a reciclagem de resíduos orgânicos não é comum, e no Brasil, especificamente no Município de Mossoró/RN, não é diferente. Nessa cidade com o apoio da prefeitura, há uma associação comunitária reciclando para a vida (ACREVI) que desempenha um papel importante na reciclagem de resíduos sólidos produzidos por uma parte da população local. Contudo, foi observado que não é realizado qualquer tratamento ou destinação adequada para os resíduos orgânicos, sendo os aterros o principal destino para sua deposição. Assim, surgiu a necessidade da realização de uma pesquisa-ação nessa associação, com a finalidade de promover a reciclagem, também, dos resíduos sólidos orgânicos, garantindo, à associação, mais uma alternativa de geração de renda, além do benefício de reduzir os impactos ambientais.

Uma solução que pode ser dada para a reciclagem desses resíduos é a compostagem, onde grande parte dos resíduos sólidos orgânicos pode ser transformado em adubo natural e, conseqüentemente, ocorrerá à redução dos danos ambientais. Entre os resíduos sólidos gerados, existe uma grande diversidade, àqueles provenientes das atividades humanas (restos de comida), palhadas de culturas, sobras de agriculturas e de estabelecimentos comerciais e industriais, dejetos de animais, entre outros. Mas, mesmo levando em consideração essa diversidade, a compostagem tem se apresentado como um dos processos mais eficientes no gerenciamento. Segundo Kumyia et al., (2009), a

compostagem não atende somente aos aspectos sanitários e à diminuição de resíduos enviados aos aterros, mas também aos aspectos sociais, ecológicos e econômicos, tornando-se a melhor alternativa para o gerenciamento e transformação dos resíduos orgânicos.

A produção de compostos orgânicos viabiliza a agricultura orgânica que, segundo Santos et al. (2012), é uma modalidade de agricultura que vem se desenvolvendo amplamente devido a possibilidade de se produzir alimentos de boa qualidade e também contribuir para a preservação do meio ambiente, respeitando a biodiversidade.

Segundo Maffei et al. (2013), a agricultura orgânica tem atraído a atenção do setor de produção de alimentos em todo o mundo, uma vez que envolve a aplicação da horticultura mantendo o respeito ao meio ambiente e as relações sociais, econômicas e culturais. Assim, dentre os alimentos produzidos de modo orgânico, destacam-se as hortaliças por se apresentarem como importantes fontes de nutrientes para o organismo, dando ênfase aos tomateiros da variedade cereja, pois de acordo com Agriannual (2010), no Brasil é a segunda mais consumida.

A produção de tomate em sistema orgânico é uma forma de agregar valor ao produto e ingressar em um mercado cuja oferta é muito inferior à demanda na maior parte do Brasil. Esse sistema de produção é importante para o país, uma vez que busca à sustentabilidade econômica e ecológica, agregada aos benefícios sociais (MARTINS et al., 2006; SOLINO et al., 2010).

2. OBJETIVOS

GERAL

Aproveitar os resíduos sólidos biodegradáveis, viabilizando a produção de adubos orgânicos por meio da técnica de compostagem, com vista à sua aplicação no cultivo do tomate cereja.

ESPECÍFICOS

- Realizar, com a participação dos catadores de lixo, a compostagem em pequena escala, através da reciclagem de resíduos orgânicos, na associação comunitária reciclando para a vida (ACREVI);
- Analisar o processo de compostagem em pequena escala, através do monitoramento de parâmetros indispensáveis à qualidade do composto final;
- Analisar a qualidade dos compostos produzidos via determinações da razão C/N, análise de macro e micronutrientes, contaminantes químicos, substâncias húmicas, coliformes totais e termotolerantes, Salmonella e análise de maturação;
- Propor uma embalagem/rotulagem para o armazenamento e especificações dos compostos orgânicos produzidos;
- Aplicar os adubos orgânicos produzidos no cultivo da espécie *Lycopersicon esculentum* Mill (tomate cereja), sob ambiente protegido.
- Avaliar as características morfológicas, qualidade pós-colheita, nutrição e análise microbiológica do tomate cereja, sob aplicação dos compostos orgânicos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 OS RESÍDUOS SÓLIDOS

Resíduos sólidos são todos aqueles no estado sólido ou semissólido, que resultam da atividade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Entretanto, apesar dessa definição etimológica, alguns gases e líquidos também são considerados resíduos sólidos (BRASIL, 2010; ABNT, NBR 10004/2004). De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10004/2004, ficam incluídos nesta definição: os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, os que são gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, os 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 viáveis. As atividades agroindustriais também originam diversos resíduos e subprodutos ao longo da sua cadeia produtiva. Entre os resíduos gerados, existe uma grande diversidade de resíduos sólidos orgânicos, como, por exemplo: palhadas de culturas, capins, restos de frutas e podas, resíduos provenientes do beneficiamento da produção agrícola e outros (SILVA, 2007).

No Brasil, a taxa de geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) em 2014, foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, atribuindo um aumento de 2,9% comparado ao ano anterior. Nesse período, a taxa de crescimento populacional que foi de 0,9%, mostrou-se inferior à taxa de produção de resíduos. Comparando os anos de 2013 e 2014 observou-se que, a geração de RSU per capita (kg/hab/ano) em 2014 teve um aumento de 2,02%, contudo, esse aumento também foi verificado na coleta dos RSU, apresentando um total de 3,20% a mais que o ano de 2013 (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores de geração e coleta de RSU nos anos de 2013 e 2014

BRASIL		
ANO	GERAÇÃO RSU (t/ano)	COLETA DE RSU (t/ano)
2013	76.387,20	69.064,935
2014	78.583,41	71.260,045

Fonte: ABRELPE e IBGE (2014)

Comparando o que foi gerado em 2014 com o que foi coletado verifica-se que, o Brasil ainda deixou de recolher aproximadamente 7 milhões de toneladas de RSU por ano, com isso pode-se deduzir que, esses resíduos sólidos tiveram destino inadequado. Mesmo assim, no ano de 2014, grande parte dos RSU foram coletados, cerca de 90,6% (Figura 1). Dessa coleta, o destino final para os RSU era de 58,4% destinados a aterros sanitários, 24,2% para aterro controlado e 17,4% depositados em lixões (ABRELPE e IBGE, 2014).

Figura 1 – Participação das regiões do Brasil na coleta dos RSU



Fonte: ABRELPE e IBGE (2014)

Para a região Nordeste, no ano de 2014 foram coletados 43.330 t/dia de RSU, essa quantidade é cerca de 3,48% a mais que o ano anterior. Dentre os municípios da região, quando se compara com o ano de 2013, houve um aumento de 5,47% na participação da coleta seletiva, e o estado do Rio Grande do Norte, apresentou uma quantidade de 0,780 de RSU coletados por Kg/hab/dia.

Em 2014, do total dos 1.794 municípios, pertencentes aos nove Estados da região Nordeste, a quantidade de RSU gerada foi de 55.177 toneladas/dia de RSU e desse valor, 78,5% foram coletados, deixando ainda 21,5% com destino inadequado (ABRELPE, 2014).

A destinação inadequada torna-se uma situação problemática, e vem ocorrendo em várias regiões do mundo, onde não existem políticas públicas governamentais, assim, esses resíduos são submetidos à ação das chuvas, provocando danos ambientais, como a contaminação do solo, da água e das plantas, interferindo na qualidade de vida das pessoas (VENEZUELA, 2001).

Deste modo, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) Resolução Nº 308/2002 e o Ministério do Meio Ambiente (MMA) Lei 12.305/2010, estabelecem critérios para a destinação adequada de RSU, que resultem de atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços e de varrição, incluindo os geradores de pequeno e grande porte. Esses critérios estabeleceram resoluções para combater à poluição e promover proteção do meio ambiente, desde a produção, gerenciamento e destinação final. De acordo com Allganer et al. (2006), o gerenciamento deve minimizar os problemas provenientes da disposição inadequada, e implantar uma administração na produção e bens de consumo permitindo a reposição desses materiais no meio ambiente, diminuindo os impactos gerados preservando a saúde pública e do meio ambiente.

Em geral, os resíduos são divididos em materiais orgânicos (papel, restos de culturas e sobras diversas) e inorgânicos (vidro, metal e plástico). Quando esses são descartados no meio ambiente de forma indiscriminada e sem qualquer tipo de controle, passam por uma bioestabilização aeróbia ou anaeróbia, propiciando o surgimento do chorume, que é um líquido de cor escura com elevada DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), concentração de ácidos graxos voláteis e, em alguns casos, concentração de metais pesados (LUNA et al., 2009).

De acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004), esses resíduos podem ser enquadrados quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente nas seguintes classes:

- Resíduos classe I - perigosos: são aqueles que apresentam inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Esses resíduos apresentam risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices ou riscos ao meio ambiente quando gerenciados de forma inadequada.

- Resíduos classe II – não perigosos: subdividem-se em classe IIA – não inertes e classe II B – inertes.
- Resíduos classe II A - não perigosos e não inertes: apresentam propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água, podendo acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente.
- Resíduos classe II B - não perigosos e inertes: são os resíduos que, quando submetidos a um contato dinâmico ou estático com água destilada ou ionizada, à temperatura ambiente, não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se, aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Os resíduos sólidos orgânicos utilizados nesse estudo são resíduos de Classe II A – não perigosos e não inertes, devido ao seu potencial de biodegradabilidade.

Esses resíduos orgânicos podem ser tratados biologicamente, mas há um destaque especial quando se refere à compostagem, por diminuir o potencial poluidor e contaminante desses resíduos, além de convertê-los em um composto orgânico capaz de repor os nutrientes no solo (DOMÍNGUEZ e GÓMEZ, 2010). No entanto, para que se aplique a técnica da compostagem, deve-se primeiramente ocorrer a implantação da coleta seletiva, essa ação é indispensável para viabilizar a recuperação de materiais descartados e seu posterior encaminhamento para processos de reciclagem, onde, no Brasil, a participação socioproductiva de catadores é fundamental no processo da coleta, separação reutilização e reciclagem do lixo e aproveitamento. Para ser mais preciso, o trabalho que os catadores desenvolvem representam a coleta de 10 a 20% dos RSU (BUNGE, 2013). Porém, somente os catadores não são suficientes, uma vez que grande volume desses resíduos acaba descartado em vias públicas, sendo necessária a participação da população na implantação do projeto, que vise à conscientização ambiental das pessoas pela importância da reciclagem e reaproveitamento no próprio resíduo sólido no processo produtivo (PEREIRA, 2012).

Avalia-se que no Brasil existem entre 400 a 600 mil catadores de lixo, e que, apenas 10% se engajam em alguma organização coletiva, isso equivale a aproximadamente 1.100 em funcionamento, isso confere que cerca de 60% funcionam nos níveis mais baixos de eficiência (BUNGE, 2013).

Ocorrendo a coleta seletiva, a técnica da compostagem é uma alternativa viável à destinação adequada e redução do volume dos resíduos orgânicos gerado nos grandes centros urbanos, sendo uma forma de reciclagem da fração orgânica do lixo. Uma das maiores barreiras à aceitação e à disseminação de substratos alternativos está relacionada ao baixo número de conhecimentos sobre as características dos substratos produzidos e o retorno agrônomico em diversas culturas, principalmente porque estes aspectos são diferenciados de acordo com o material incorporado (ANTONIOLLI et al., 2009).

Além disso, existem fatores que interferem no processo de compostagem, sendo, os que mais interferem no processo, de acordo com Santos (2007), a temperatura, os valores de pH, aeração, umidade e a relação C/N. Assim, existem diferenças na variedade final do composto, com relação às quantidades de nutrientes, e essas alterações são dependentes da composição dos resíduos utilizados no início do processo (CASTILLO et al., 2010).

Portanto, em 2010 foi sancionada a Lei 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. Uma das diretrizes fundamentais estabelecidas por esta lei foi à ordem de prioridade para a gestão dos resíduos sólidos, que passou a seguir a sequência: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

3.2 GERENCIAMENTO DE RSU E BIODEGRADÁVEIS

A quantidade de resíduos sólidos descartados pela população é extremamente elevada, e quando estes materiais são descartados de forma inadequada, caracteriza-se como um problema para a sociedade, pois pode provocar impactos ambientais, modificando a qualidade do solo, do ar e dos corpos aquáticos, o que representa um risco para a saúde pública (BULCÃO et al., 2010).

Com o intuito de reduzir a quantidade de RSU descartados de forma inadequada (lixões), surge a coleta seletiva como uma alternativa viável. Contudo, essa opção não está ainda tão difundida e incorporada à sociedade. Este fato torna-se relevante, uma vez que, a efetividade de programas e iniciativas de coleta seletiva requer necessariamente o envolvimento dos cidadãos, que são os responsáveis por gerar os resíduos sólidos (BRINGHENTI e GÜNTHER, 2011). Nesse contexto, as gestões públicas municipais têm buscado se adequar à política de gestão de resíduos, despertando para a legislação ambiental e direcionando essa procura á princípios de qualidade ambiental e

sustentabilidade. De acordo com Brasil (2010), o gestor deve desenvolver políticas que reduzam significativamente a quantidade de resíduos gerados, além de implantar a ordem de prioridade no gerenciamento de resíduos sólidos. Isso implica a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão dos resíduos sólidos, fundamentada na Lei 12.305/2010, onde diz que as responsabilidades desses resíduos são dos geradores, do poder público, e dos consumidores. Além disso, incentiva organizações de catadores, e sua participação na gestão integrada dos resíduos sólidos e na cadeia produtiva.

Deste modo, para enfrentar a situação no contexto social de nosso país, surgem iniciativas individuais (catadores de lixo), coletivas (grupos associados, cooperativas e empresas) que fundamentam suas operações no processo de coleta, separação, reuso e ou reciclagem destes materiais (SOUSA JUNIOR, 2011). Essa ação gera impactos positivos na minimização de problemas ambientais, tanto na geração de renda, com a comercialização direta dos resíduos obtidos ou via reaproveitamento dos mesmos para a produção de novos produtos de maior valor agregado, como é o caso dos resíduos orgânicos (biodegradáveis).

O Brasil encara desafios para implantar o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, praticamente todos os municípios do país enfrentam tal problema. Procuram metas de gerenciamento, inclusão social e econômica dos catadores dos RSU nas ruas e lixões.

No município de Mossoró, não era diferente, anteriormente não possuía estrutura organizacional de gerenciamento de resíduos sólidos, baseava-se em uma coleta convencional e destinação final em lixão a céu aberto, mas ultimamente, estudos diagnósticos propuseram estratégias de adequação. O gestor do Município inseriu no plano governamental a construção do Aterro Sanitário na Cidade, esse era gerenciado pela prefeitura municipal, mas recentemente foi repassado a empresa privada Saneamento Ambiental LTDA (SENEPAV). Apesar disso, tanto os resíduos industriais como vários outros ainda são levados aos lixões clandestinos, pois devido à ampliação urbana o aterro sanitário tornou-se inviável por não satisfazer os critérios físicos e ambientais. Portanto, com o intuito de minimizar esse problema, os resíduos que são possíveis de reciclagem são enviados para o programa da coleta seletiva, implantado na cidade no início de 2008 pela prefeitura municipal.

Atualmente existem na cidade duas associações de reciclagem: A Associação Comunitária Reciclando para a Vida – ACREVI (a primeira associação a desenvolver e a Associação dos Catadores de Material Reciclável de Mossoró – ASCAMAREM (CAVALCANTI et al., 2011). Essas associações trabalham com coleta seletiva e colaboram para tornar mínimos os impactos negativos que os resíduos podem ocasionar ao meio ambiente (FERREIRA et al., 2012).

A associação comunitária reciclando para a vida – ACREVI é foco da pesquisa. Essa Associação com o apoio da prefeitura municipal tem assumido o papel social da coleta e reciclagem de resíduos sólidos produzidos por grande parte da população local (SOUSA JUNIOR, 2011). No entanto, 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. Nesta associação também são identificados vários problemas de diferentes naturezas, porém, uma simples intervenção pode representar melhorias significativas na capacidade produtiva dos associados, como por exemplo, incentivos que proponham à melhoria da renda dos associados.

Durante o dia, os catadores associados realizam a coleta seletiva (Figura 2). Essa coleta no município de Mossoró só atende apenas de 10 a 15% da população urbana. Após a coleta seletiva, os catadores retornam à Associação, onde ocorre o processo de separação dos resíduos recicláveis (Figura 3). Os resíduos são separados de acordo com o tipo de cada material (plásticos, metais, vidro e papelão), assim, são armazenados em bigberg (nome dado pelos associados da ACREVI para os sacos que armazenam os produtos recicláveis), e depois são comercializados com empresas que realizam o beneficiamento.

A associação possui um projeto para implantação de uma usina de triagem no município de Mossoró, onde firmou parcerias, além da prefeitura do município, com o Banco Santander e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Desse modo, o objetivo do projeto é implantar um modelo de gestão participativa na ACREVI capaz de melhorar a renda dos recicladores com o uso sustentável dos resíduos orgânicos e com o aumento da capacidade produtiva da atividade de reciclagem dos resíduos sólidos no galpão de triagem. A proposta será desenvolvida por meios de ações integradas, as quais são: oficinas de sensibilização dos associados; capacitação sobre reciclagem de resíduos e hortas urbanas; produção de compostagem e húmus com resíduo orgânico; implantação de uma horta comunitária; identificação de problemas e plano de ação para

equacionar a ineficiência da capacidade produtiva das atividades de reciclagem; elaboração de um plano de comercialização para produtos gerados pela reciclagem de resíduos; sensibilização dos associados para as práticas e hábitos alimentares saudáveis e avaliação das ações. E uma finalidade, dessa pesquisa, que está sendo desenvolvida e abordada nesse capítulo, é a reciclagem de RSU biodegradáveis por meio da compostagem.

Figura 2 - Veículo empregado na coleta seletiva de Mossoró pelos catadores e associados da ACREVI



Fonte: Acervo da pesquisa

Figura 3 - Separação e armazenamento dos RSU pelos catadores e associados da ACREVI



Fonte: Acervo da pesquisa

A partir dessa pesquisa ação, já se têm observado mudanças socioambientais na vida dos associados, uma vez que estão buscando uma autonomia financeira e o desafio da organização em associação comunitária. Como dito anteriormente, a ACREVI não dispõe de programas de reciclagem dos resíduos orgânicos biodegradáveis, essa condição gera buscas por técnicas que viabilizem a reciclagem adequada dos resíduos orgânicos. A compostagem entra como uma opção para o reaproveitamento de resíduos biodegradáveis como uma forma de produção de compostos orgânicos, que pode ser utilizado para o enriquecimento do solo, por favorecer nutrientes essenciais à sua

fertilidade, além de atender aos aspectos sanitários, sociais, ecológicos e econômicos (INÁCIO e MILLER, 2009). Sendo assim, a compostagem torna-se uma alternativa viável para o gerenciamento e transformação dos resíduos orgânicos, além de servir como alternativa de renda para os associados com a comercialização do adubo.

3.3 PROCESSO DA COMPOSTAGEM

De acordo com Inácio e Miller (2009), a compostagem pode ser definida como um procedimento controlado, caracterizado pela decomposição aeróbica dos materiais orgânicos por meio de microrganismos que utilizam a matéria orgânica como fonte de energia para o seu crescimento e, conseqüentemente, transforma compostos químicos complexos em estruturas mais simples, além de atender aos aspectos sanitários, sociais, ecológicos e econômicos. Portanto, tornando-se a melhor alternativa para o gerenciamento e transformação dos resíduos orgânicos. Esse processo, além de aumentar a produção da biomassa, gera excelente adubo orgânico que, pode ser usado na melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo para o cultivo (MANTOVANI et al., 2005).

O material para compostagem, de um modo geral, pode incluir diversos resíduos vegetais (palha, cascas, podas e aparas, etc.) e também alguns resíduos de origem animal (restos de abatedouro, escamas de peixe, etc.) misturados ao esterco originário das fezes animais. Portanto, quase todo material de origem animal ou vegetal pode entrar na produção do composto. No entanto, existem alguns subprodutos que não devem ser usados, como por exemplo: madeira com algum tratamento com uso de pesticidas ou envernizadas, couro, papel e esterco de animais alimentados em pastagens que receberam herbicidas (RICCI et al., 2006).

A compostagem, quando se utiliza restos de comida, consiste na estabilização biológica da matéria orgânica, que é controlada pelos microrganismos, e transformada em compostos ou húmus, que podem ser retornados ao solo, contribuindo de um modo significativo para sua fertilidade, através da ciclagem de nutrientes (MANO et al., 2010).

Existem seis passos aplicáveis a qualquer operação de compostagem de resíduos sólidos urbanos: resíduo bruto; triagem, trituração e homogeneização; compostagem; maturação; peneiramento e utilização ou estocagem. Embora, algumas vezes, não seja requerido o peneiramento (SHAUB e LEONARD, 1996; SOUSA JUNIOR, 2011).

Há vários tipos de compostagem que requerem esses passos, mas, de forma sucinta, podem ser divididas em três tipos, tais como: compostagem em leiras ou pilhas com revolvimento (sistema “windrow”), compostagem em leiras estáticas aeradas e compostagem em reatores biológicos. A maior diferença entre esses processos está na metodologia de aeração (PEREIRA NETO, 2007). A referida pesquisa trata-se de compostagem em pilhas com revolvimento, sistema “windrow”.

O método “windrow” é um tipo de compostagem com revolvimento e construção de pilhas ou leiras com 1,5 a 3,0 m de base e 1,6 m de altura. O comprimento da pilha vai depender da quantidade de material, sendo de acordo com a configuração física do pátio de compostagem. As pilhas são construídas manualmente ou por meio de uma pá carregadeira com 70% de material palhoso e 30% de resíduo orgânico. Onde, um ciclo de reviramento satisfatório deve ser feito a cada três dias, pois favorece a atividade microbológica e a degradação, homogeneíza a massa e exerce ações físicas de quebra das partículas (PEREIRA NETO, 2007). No entanto, esse revolvimento vai depender muito do clima, aonde será construída a pilha ou leira.

O método “windrow” foi desenvolvido pelo Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental (LESA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), é um método de compostagem simples e economicamente viável para a reciclagem de resíduos orgânicos. O processo tem sido utilizado pela maioria dos municípios que possuem unidades de triagem e compostagem de resíduos urbanos, em função de exigir baixos valores de investimentos em sua implantação e operar a baixos custos. No entanto, requer cuidados com a qualidade do processo devido observações de temperatura, umidade e aeração, que influenciam na atividade metabólica dos microrganismos. Devem-se evitar 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, 2007).

Durante o processo de compostagem, incidem várias mudanças, no início, ocorre à decomposição onde predominam as bactérias e fungos mesófilos produtores de ácidos, e o pH nessa fase chega em média 5,5; na fase seguinte, chamada de termófila, ocorre a elevação da temperatura, e com esse aumento, a população dominante passa a ser de actinomicetes, bactérias e fungos termófilos, a temperatura chega até os 75 °C, essa fase dura em média 3 meses (90 dias). Após o composto começar a perder calor, retorna a fase mesófila (maturação), a temperatura chega até os 40 °C e o pH aumenta, ficando alcalino, pH 8,5. O processo termina quando a temperatura do composto fica igual à

temperatura ambiente. O período total pode chegar até os 100 a 120 dias. (KIEHL, 1985; PEREIRA NETO, 2007).

Pelo menos durante 15 dias, a faixa ideal de temperatura do composto é de 55 a 70 °C. Essa temperatura pode ser verificada, além da introdução de um termômetro, através, de um modo grosseiro, introduzindo um pedaço de ferro até o centro da pilha por alguns minutos. Passando-se esse tempo, se não for possível tocar no pedaço de ferro quando retirado, significa que a temperatura está excessivamente elevada. Assim, deve-se promover o revolvimento para baixar a temperatura. No entanto, se a temperatura do pedaço de ferro for suportável ao tato é sinal de que a decomposição transcorre normalmente e se estiver frio, indica que a decomposição está terminada ou que não está se processando (RICCI et al., 2006). Quando verificado a temperatura, deve-se observar também se a umidade do composto está suficiente para que o processo de decomposição ocorra, e se assim não estiver, deve-se regar a pilha de compostagem.

A produção do composto envolve várias camadas, sendo que a primeira camada deve ser composta de material fibroso para diminuir a perda de nitrogênio para o solo e deve alcançar em torno de 30 cm de altura. A segunda camada deve ser de material rico em nitrogênio, com cerca de 10 cm de altura para manter a proporção. Nessa segunda camada deve ser incorporado o esterco, e também adicionar o material de enriquecimento sobre ela. A combinação de material, para compor as pilhas, podem ser colocadas em camadas finas de 5 cm (MATOS e LIBERALINO FILHO, 2007). A sequência de camadas deve ser repetida, sendo a última composta de material fibroso. O importante é que haja a mistura dos resíduos pequenos com os grandes, assim ocorrerá uma melhor aeração e, ao mesmo tempo, conservação de calor, pois o revolvimento garante tanto a aeração das pilhas, quanto a mistura dos componentes. O necessário é fazer com que todo material se exponha uniformemente às reações e às altas temperaturas resultantes.

A dimensão da pilha deve ter em média de 1,2 m de altura com até 1,5 m de largura. Recomenda-se a proteção de insolação excessiva do vento e principalmente de chuva. Portanto, é necessário um local sombreado para cobrir a pilha nos primeiros 3 dias da compostagem ou quando houver risco de chuvas fortes, seja com uma cobertura de plástico, ou com coberturas diversas, como folhas de bananeira, palha de carnaúba, folha coqueiro, entre outras, (RICCI et al., 2006).

Para saber se o processo da compostagem ou se o composto está pronto para ser usado, pode ser realizada uma observação simples e visual, verifica-se o volume da

pilha ao término do processo, esse deverá estar aproximadamente 1/3 do volume inicial. Caso não seja possível essa observação, ou a dos componentes iniciais, faz-se a moldagem do composto, verificando-se se o mesmo molda-se facilmente nas mãos, além disso, pode-se observar se o cheiro está tolerável ou agradável de terra como se estivesse mofada. Assim, de acordo com Kiehl (1998), o composto resultante é decorrência de um processo controlado de decomposição bioquímica do material orgânico por microrganismos, transformando toda matéria prima em um produto mais estável, portanto é necessária a observação de vários fatores que podem interferir no processo, que ocorre durante a compostagem, bem como a formação do produto final.

3.4 FATORES INTERVENIENTES NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM

3.4.1 Temperatura

A temperatura influencia de modo significativo no processo de compostagem, sendo um dos fatores mais indicativos da eficiência desse processo (PEREIRA NETO, 2007). Portanto, é importante que a temperatura se mantenha na faixa de 40 a 65 °C (faixa de temperatura adequada), sendo o valor médio ideal 55 °C. Temperaturas acima de 65 °C devem ser evitadas por causarem a eliminação dos microrganismos mineralizadores que são responsáveis pela degradação dos resíduos orgânicos, provocando uma perturbação no meio, onde parâmetros físico-químicos como pH, relação C/N, umidade e concentração de nutrientes serão afetados, além de ocorrer a limitação da atividade microbiológica (PEREIRA NETO, 2007; FERNANDES et al., 1999). Contudo, durante o processo de compostagem, identificam-se quatro importantes fases de temperatura (Figura 4). Essas fases se desenvolvem ao decorrer do processo de compostagem, (PEREIRA NETO, 1996):

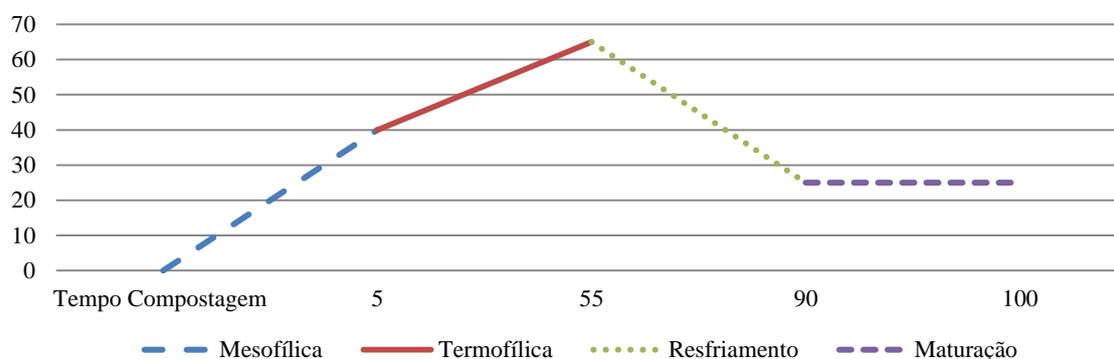
Fase 1 – Mesofílica: onde predominam temperaturas moderadas (cerca de 40 °C). Essa fase tem duração média de dois a cinco dias;

Fase 2 – Termofílica: quando o material é degradado mais rapidamente e atinge sua temperatura máxima (> 40 °C). 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 4 – Fases da compostagem



Além da temperatura, existem outros fatores que interferem no processo de compostagem, bem como na qualidade do composto final: Umidade, pH, Aeração, Relação C/N.

3.4.2 Umidade

Sabe-se que, a compostagem trata-se de um processo biológico de decomposição dos materiais orgânicos, portanto, a presença de água torna-se fundamental para suprir as necessidades fisiológicas dos microrganismos (PEREIRA, 2013). Assim, a umidade tem por finalidade básica garantir a atividade microbiológica e agir como atuante no processo de decomposição da matéria orgânica.

Adverte-se, que valores de umidade inferiores a 40% são considerados baixos e ocorrerá a inibição da atividade microbiológica, e, portanto, a degradação dos resíduos orgânicos, afetando também, de um modo direto, a temperatura (PEREIRA NETO, 2007, MARGESIN et al., 2006). Sendo assim, é importante observar o teor de umidade durante o processo de compostagem, sendo a ideal a faixa de 40 a 65%. Essa observação manterá as condições de perfeição, com relação, à velocidade de degradação e aeração (INÁCIO e MILLER, 2009).

Um teste simples pode ser feito para avaliar a umidade da pilha, pode-se apertar fortemente entre os dedos uma amostra sentindo-a úmida, porém, sem que nenhum líquido escorra. Para Kiehl (1985), se a umidade da pilha estiver entre 60 e 70%, é necessário revolver a cada 2 dias; e umidade entre 40 e 60%, é necessário que o

revolvimento seja realizado a cada 3 dias. Quando bem arejada, a decomposição da mistura é mais rápida.

3.4.3 pH

O pH afeta o processo de compostagem devido a ação dos microrganismos, pois uma faixa ideal, ou seja, uma adequada para os microrganismos realizarem a atividade microbiana está entre 6,0 e 8,0 (SANTOS, 2007). Alguns trabalhos registram que a faixa ideal de pH para a compostagem é entre 6.5 e 8. No entanto, estudos realizados pelo LESA (Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental), da UFV, indica que a compostagem pode ser desenvolvida numa faixa bem ampla de pH, entre, 4.5 e 9.5, e que os valores extremos são automaticamente regulados pelos microrganismos por meio da degradação de compostos que produzirão subprodutos ácidos ou básicos, de acordo com a necessidade do meio (PEREIRA NETO, 2007). Contudo, de acordo com Santos (2007), o valor final de pH em um composto depende tanto da matéria como do processo de compostagem adotado.

3.4.4 Aeração

A aeração é um fator relevante na oxidação biológica do carbono que está presente nos resíduos orgânicos, tendo por intenção suprir a demanda de oxigênio requerida pela atividade microbiológica. Além disso, a aeração atua como um agente controlador da temperatura, provocando a produção de energia necessária aos microrganismos que realizam a decomposição (PEREIRA NETO, 2007; ORRICO, 2007). Esse fator é dependente da granulometria e da umidade dos resíduos.

Compreende-se que, devido à disponibilidade de oxigênio, a compostagem pode ocorrer em meio aeróbico ou anaeróbico, porém, quando a finalidade é o tratamento dos RSU biodegradáveis, busca-se implantar um ambiente aeróbio para que ocorra o desenvolvimento dos microrganismos, isso favorecerá a diminuição de odores e a emissão de gases causadores do efeito estufa (VALENTE et al., 2009). Deste modo, a aeração pode ser realizada por meio de revolvimentos manuais ou mecânicos, fazendo com que as camadas externas se misturem às internas, que estão em decomposição mais adiantada (SOUSA JUNIOR, 2011).

A aeração manual ou mecânica, ou seja, o revolvimento da pilha, pode ser realizada a cada 2 ou 4 dias, o que é mais adequado, quando comparada ao revolvimento realizado a cada 7 dias, pois favorece a entrada de oxigênio. No entanto, os revolvimentos devem ser realizados de acordo com o teor de oxigênio no interior da pilha, mas, devido à dificuldade de se quantificar a concentração de oxigênio no centro da pilha, o momento adequado para se fazer o revolvimento é decidido em função de outros fatores, como a umidade e temperatura (SOUSA JUNIOR, 2011; PEREIRA NETO, 2007).

3.4.5 Relação C/N

A análise da relação C/N no processo de compostagem é de fundamental importância, visto que, o carbono e o nitrogênio são os elementos mais importantes para a decomposição microbiana. Essa relação define o equilíbrio entre as taxas de mineralização e imobilização, que dependem da quantidade de carbono no resíduo e da relação C/N (SOUSA JUNIOR, 2011).

Mediante pesquisas, Zucconi e Bertoldi (1987); Kiehl (2004), a relação C/N, considerada ideal para iniciar o processo de compostagem é geralmente considerada entre 25/1 e 35/1. De acordo com Souza e Rezende (2006), essa razão deve ser de pelo menos 30/1, pois na decomposição, os microrganismos utilizam em torno de 25 a 30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio assimilada (CASTILLO et al., 2010), e os tecidos microbianos possuem uma relação C/N entre 20 e 30.

Deste modo, é necessária uma observação por intermédio de análises, pois uma alta proporção C/N resultará no retardamento do processo, já que microrganismos não serão capazes de digerir todo carbono presente, e, no caso de baixa C/N, ocorrerá anaerobiose, sendo todo o oxigênio consumido rapidamente (PEREIRA, 2013).

3.5 ATRIBUTOS DO COMPOSTO FINAL

O composto orgânico pode atuar como um corretivo da acidez do solo, pois agindo como um produto de origem vegetal ou animal pode ser aplicado ao solo proporcionando melhorias nas qualidades físicas, químicas e biológicas, sendo uma fonte de nutrientes às plantas (Kiehl, 2004). Numa avaliação geral dos atributos de um

composto final, devem ser observados, dentre vários parâmetros, a concentração de metais pesados, pH, presença de agentes patogênicos e a presença de materiais inertes.

Mediante a Instrução Normativa (IN) nº 23, de 31/08/2005, e o Decreto nº 4.954, aprovado em 14/01/2004, que regulamenta a Lei n.º 6.894, os compostos orgânicos devem ter as garantias mínimas mostradas na Tabela 2 para serem comercializados e considerados de qualidade (BRASIL, 2005).

Tabela 2 - Valores mínimos e tolerantes exigidos para que um composto seja comercializado com parâmetros de qualidade

Parâmetro	Valores Mínimos	Valores Tolerantes
pH	6,0	Até 5,4
Umidade	-	Até 50%
Materia orgânica	40%	Até 36%
Nitrogênio	1%	Até 0,9%
Relação C/N	-	Até 21/1

No Brasil, existem decretos e portarias que possibilitam a comercialização de produtos como fertilizantes. São leis que especificam e aprovam normas que viabilizam a vistoria da produção e comercialização de fertilizantes e corretivos agrícolas. Em meio a algumas das regulamentações para os fertilizantes orgânicos produzidos e comercializados no Brasil pode-se fazer referência ao/a:

- Decreto-lei 6.138 de 08/04/74, cita estes fertilizantes agrícolas no artigo 13, estando excluído de registro: esterco curado, lixo fermentado, cinzas, turfas e outros resíduos.

- Decreto-lei 86.955 de 18/12/82, o composto orgânico é considerado como fertilizante composto, sendo àquele obtido por processo bioquímico, natural ou controlado com junção de resíduos de origem animal ou vegetal.

- Portaria MA 84 aprovada em 29/03/82, confirma critérios e procedimentos a serem utilizados pela vistoria e inspeção na produção e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes que são designados à agricultura. Essa portaria atribui delegações à Secretaria de Fiscalização Agropecuária,

com relação a garantias, especificações, tolerâncias e procedimentos para coleta de amostras de produtos, e informações para seguir os modelos de documentos e formulários previstos nas disposições aprovadas por esta Portaria.

- Portaria 01 da secretaria de Fiscalização Agropecuária do MA aprovada em 04/03/83, confirma normas, garantias e procedimentos para coleta de amostras de produtos, e os modelos oficiais a serem utilizados pela vistoria e inspeção da produção e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, designados à agricultura.

- Instrução normativa (IN) nº 27, de 5 de junho de 2006 art. 1º que diz: os fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes, para serem produzidos, importados ou comercializados, deverão atender aos limites estabelecidos nos anexos I, II, III, IV e V desta instrução normativa que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas.

3.6 SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO

Os excessivos usos de recursos naturais têm provocado um desequilíbrio no solo, bem como contaminação dos lençóis freáticos, diminuição da matéria orgânica do solo, além de alterar a composição química dos vegetais. Portanto, esses problemas têm desencadeado pesquisas com o objetivo de ocasionar mudanças significativas, de impacto positivo, com uma agricultura racional do uso do solo com o aproveitamento dos recursos hídricos, promovendo uma produção sustentável (ARAÚJO, 2004).

Neste contexto, entra a adubação orgânica como uma estratégia para conservar o solo, na finalidade de se construir uma produção sustentável. Essa adubação tem o intuito de diminuir, e até substituir os fertilizantes minerais pelos orgânicos, disponibilizando um equilíbrio nutricional às plantas, pois, são capazes de armazenar nutrientes que são liberados a planta na medida em que acontece a demanda de alimento, assim, pode-se inferir que, a adubação orgânica pode substituir práticas convencionais de manejo do solo, utilizando materiais de fácil acesso e baixo custo, sendo os resíduos orgânicos, transformados através da compostagem, em substratos alternativos.

Os adubos orgânicos tornam-se mais eficientes por oferecerem a mínima perda por volatilização (principalmente nitrogênio), fixação (fósforo) ou lixiviação

(principalmente potássio); pois, a liberação dos nutrientes é gradual à medida que são demandados para o crescimento da planta. Este fato ocasionou aplicações práticas, com o intuito de substituir os fertilizantes minerais por adubos orgânicos. Por outro lado, a mineralização de alguns adubos orgânicos pode ser excessivamente lenta, de forma que os nutrientes não são disponibilizados em quantidades suficientes e o crescimento da planta é limitado por carência nutricional (SOUSA JUNIOR, 2011), para esse autor, a disponibilidade de nutrientes, com a técnica da compostagem, é uma opção para diminuir os custos na agricultura, além de colaborar na redução do consumo das reservas naturais de nutrientes do planeta.

O sistema orgânico de produção, além de não prejudicar o meio ambiente, gera produtos mais valorizados no mercado por serem alimentos de qualidade superior (SOUZA e RESENDE, 2006), pois, utilizam na produção alguns artifícios, práticas agrícolas, biofertilizantes, cultivos consorciados, adubação verde, rotação de culturas, plantio direto, variedades tolerantes e adaptadas, composto e outros adubos orgânicos, que são usados como defensivos alternativos, como por exemplo, caldas, óleos e extratos naturais (SILVA et al., 2011). Essas práticas dispensam o uso de agrotóxicos, deixando os alimentos mais saudáveis e de qualidade superior. Os alimentos são assim considerados, por não usarem adubos químicos de alta solubilidade e alta concentração, como os adubos nitrogenados (uréia, nitratos de cálcio, sulfato de amônio), potássicos (cloreto de potássio) e fosfatados (superfosfato simples ou triplo).

Deste modo, a agricultura orgânica pode ser definida como um sistema de produção que evita ou elimina vastamente a utilização de agrotóxicos, fertilizantes e produtos que são elaborados de maneira sintética. No entanto, esse sistema para funcionar de modo significativo e com êxito, depende de técnicas que acatem os processos ecológicos como princípios fundamentais e promovam o acréscimo de matéria orgânica ao solo, fornecendo nutrientes para as plantas e com controle de pragas e patógenos, mantendo a produtividade com sustentabilidade ambiental.

De acordo com Inspeções e Certificações Agropecuárias e Alimentícias (IBD – CERTIFICADORA 100 % BRASILEIRA COM ATUAÇÃO INTERNACIONAL, 2016), a expansão da indústria de produtos orgânicos atingiu novos recordes em 2015, com o total de vendas atingindo US\$ 4,3 bilhões, 11% a mais que o ano anterior, superando a taxa de crescimento global do mercado de alimentos em 3%. A indústria orgânica, segundo a IBD, viu em 2015 o seu maior ganho anual em dólar (Figura 5).

Figura 5 - Total de vendas orgânicas U.S e crescimento nos anos de 2006-2015



Fonte: IBD 2015

3.7 CULTIVOS DE HORTALIÇAS EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO

A alimentação é uma necessidade fundamental dos seres vivos, proporciona os nutrientes que o corpo exige para se desenvolver de modo saudável. Nesse contexto, entram as hortaliças como os alimentos que mais se destacam, visto a importância que esses possuem no organismo humano, pois o consumo insuficiente aumenta o risco de doenças crônicas não transmissíveis, como as cardiovasculares e alguns tipos de câncer, estando entre os 10 fatores de risco que mais causam mortes e doenças em todo o mundo. No entanto, muitas notícias a respeito do cultivo desses alimentos têm chamado atenção devido à contaminação com agrotóxicos. Assim, a produção orgânica de hortaliças é extremamente importante para a saúde humana, pois fornece nutrientes para o organismo, mantém e melhora a saúde, além de prevenir doenças. Deste modo, os consumidores têm procurado mais por produtos orgânicos, aumentando sua demanda (SEDIYAMA et al., 2014).

Para Willer e Kilcher (2011), a agricultura orgânica está aliada à sustentabilidade de produção e a segurança alimentar dos consumidores, por isso, tem se tornado uma realidade que é praticada em mais de 120 países. Segundo os autores, o cultivo orgânico ocupa cerca de 31 milhões de hectares de produção, movimentando cerca de US\$ 54,9 bilhões em 2009.

Segundo Penteadó (2007), “Instalar uma horta saudável, não consiste somente em deixar de utilizar pesticida ou adubos químicos solúveis, mas fazer o uso da terra de

forma ecológica. Ainda afirma que, uma horta agroecológica significa criar um ambiente saudável e sustentável, com o objetivo de desenvolver um sistema de produção de alimentos comprometido com a saúde, a ética e a cidadania do ser humano, visando contribuir para a preservação da vida e da natureza”.

De acordo com Sedyama et al. (2014), o cultivo de hortaliças em sistema orgânico requer tecnologias que, respeitem os processos ecológicos, promovam o aumento da matéria orgânica do solo e que sejam poupadoras de energia. Dentre essas tecnologias, a autora destaca como as principais: manejo e adubação do solo; produção de mudas; adubação verde; rotação de culturas; consórcio de hortaliças; manejo de plantas espontâneas e o manejo de pragas e doenças.

A adubação do solo, com produtos orgânicos, pode proporcionar o fornecimento de nutrientes, e deve-se priorizar a ciclagem por meio de restos culturais, compostos, resíduos orgânicos e adubações verdes com leguminosas ou plantas espontâneas (LIMA et al., 2011).

Com relação à técnica de produção de mudas, é relevante observar tanto a qualidade da muda, que implica na produtividade, como o substrato utilizado. Muitas empresas comercializam substratos, no entanto, muitos desses não são recomendados para sistema orgânico de produção, pois não possuem registros, sendo, portanto, não permitidos pelas entidades certificadoras, em função da presença de componentes antiecológicos e de adubos sintéticos de alta solubilidade (SANTOS et al., 2010).

Já a adubação verde, pode ser utilizada como um complemento na adubação das hortaliças, uma vez que fornece ao solo adição de nutrientes através da incorporação da matéria orgânica. Portanto, de acordo com Santos et al. (2013), é importante a escolha das espécies que serão utilizadas como adubos verdes, essas devem ser recomendadas pelo tipo de clima, solo e sistema de manejo das plantas cultivadas.

Tratando-se de rotação de culturas, que consiste em um dos requisitos para a qualidade do sistema de plantio direto, é necessário e relevante alternar culturas que apresentem sistemas radiculares diferentes, bem como culturas que produzam pouca e muita biomassa. Essas alternâncias favorecem tanto o aproveitamento da adubação residual, como a reposição da matéria orgânica do solo (SANTOS e CARVALHO, 2013).

A técnica do consórcio de hortaliças, segundo Sedyama et al. (2014), é um importante artifício dos sistemas agrícolas sustentáveis, pois consiste na representação de combinações espaciais e temporais, de duas ou mais culturas, na mesma área. A

autora ainda relata que, com o uso da técnica, têm-se: um aumento na produtividade por unidade de área cultivada, aumento da estabilidade econômica e biológica do agroecossistema, ampliação da eficiência do uso dos recursos disponíveis (solo, água, luz e nutrientes), eficiência de uso da mão de obra e redução da infestação com plantas espontâneas, pragas e doenças.

Com relação ao manejo de plantas espontâneas, em termos agroecológicos, plantas ou ervas espontâneas e plantas invasoras são as espécies de plantas que se originam na área de cultivo, podendo ser espécies nativas ou exóticas já estabelecidas (PEREIRA et al., 2008). Para o autor, o crescimento dessas plantas espontâneas ao redor das hortaliças, bem como o estabelecimento de áreas ou faixas de vegetação espontânea, fora da área cultivada comercialmente, tem a vantagem de preservar ao máximo os aspectos naturais estabelecidos pelo ecossistema local. E ainda afirma que, a técnica tem a vantagem de promover uma maior estabilidade do sistema produtivo, reduzindo normalmente os problemas com pragas e doenças, pois entre outras vantagens, a vegetação espontânea pode colaborar para a ciclagem de nutrientes de fácil mobilidade e, por cobrir o solo, pode protegê-lo contra a erosão.

Tratando-se do manejo de pragas e doenças, é importante saber quando e como deve ser aplicado esse controle, pois nos sistemas orgânicos de produção deve ocorrer o balanceamento natural do agroecossistema. De acordo com Sedyama et al. (2014), esse controle só deve ser feito quando houver possibilidade de danos consideráveis à produção.

3.8 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE *LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL (TOMATE CEREJA)

O tomateiro é uma dicotiledônea, da família Solanaceae, espécie *Lycopersicon esculentum* Mill. Seu fruto é uma hortaliça de maior popularidade em todo o mundo (GUILHERME et al., 2014). O tomate é originário da América Central e do Sul, onde foi vastamente cultivado e consumido pelos povos pré-colombianos. Foi descoberto e levado à Europa dentre os séculos XV e XVI, precisamente no período das Grandes Navegações. Ultimamente é cultivado e comercializado em todo o mundo para consumo in natura e em forma de molhos e extratos (ARAÚJO et al., 2011).

Em termos nacionais, o Brasil ocupa a nona posição na produção mundial, onde existem oito tipos de tomates consumíveis, aonde é considerada a hortaliça de maior

comercialização, e se encontra em crescimento significativo com destaque especialmente para o grupo cereja que tem uma grande aceitação no mercado devido ser utilizados também como aperitivos (GUILHERME et al., 2008). Essa hortaliça da variedade cereja no Brasil é a segunda mais consumida, perdendo apenas para a batata (AGRIANUAL, 2010).

A produção anual no Brasil é de aproximadamente 4,1 milhões de toneladas numa área plantada em torno de 63.000 ha, onde a produção média é de 62.470 kg/ha. Na região Nordeste, a cultura do tomate é explorada principalmente por pequenos produtores rurais que demonstram interesse devido à importância compensadora do mercado. Nessa região a área plantada adentra com 10.302 ha, onde 10.293 ha são de área colhida, equivalente quase a 465 mil de toneladas por ano. Os maiores produtores nessa região são os estados de Pernambuco, Bahia e Ceará (IBGE, 2015).

A região que mais se destaca na produção é a Sudeste com 2 milhões de toneladas. Os estados onde estão concentradas 77% da comercialização são Goiás, São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Rio de Janeiro (IBGE, 2015). Segundo Gameiro et al. (2007), um terço dessa produção é destinado a fabricação de molhos, extratos, polpas, catchups, sucos, etc.

De acordo com Clemente (2010), tanto a implantação como o manejo dessa cultura são influenciados por diversos fatores, dentre eles a adubação, tipo de substrato, umidade, temperatura, velocidade do vento, ataque de patógenos, densidade de plantio, agentes polinizadores, que vão determinar o desempenho na produtividade das plantas.

O tomate exhibe propriedades fitoquímicas importantes, dentre elas a elevada concentração de antioxidantes (LENUCCI et al., 2006), além disso é rico em minerais essenciais para a alimentação, rico em licopeno (agente anticancerígeno) e vitamina A e B. Apesar dos benefícios, a produção de tomate requer cautela quando se refere ao cultivo, pois devido à variabilidade genética e também edáficas e climáticas das áreas de cultivo, há uma considerável variação nos teores de constituintes químicos. De acordo com Pinho et al. (2011), a variabilidade se reflete no sabor, textura e cor dos frutos, e essas características organolépticas são mais acentuadas em cultivos orgânicos, e as que são cultivadas em sistema convencional retém alto teor dos agrotóxicos, portanto a aplicação desses, de forma indiscriminada, desencadeia prejuízo para a saúde dos agricultores e consumidores (ANVISA, 2013; PREZA; AUGUSTO, 2012).

Quanto às condições climáticas, que é um fator que interfere na cultura do tomateiro, a cultura requer temperaturas comparadas ao período de outono-inverno,

quando essa se afasta do ótimo pode ocasionar o estresse nas plantas, interferindo no desenvolvimento da produção com a diminuição da liberação e germinação de grão de pólen, mínima fixação dos frutos e ocorrência de frutos pequenos e com poucas sementes, além de anomalias como escaldaduras e alteração da cor dos frutos pela redução da síntese de licopeno. Com relação à nomenclatura, a terminação cereja é discutida por pesquisadores que alegam ser mais adequado chama-lo de mini tomate, já que os frutos podem se modificar no formato, pois uns são redondos, outros se apresentam em forma de pêra e ainda alguns são ovais, mas o nome cereja já é bem difundido e aceito socialmente (SILVA JÚNIOR; PRANDO, 1989; FONTES; SILVA, 2005).

O tomateiro apresenta um sistema radicular que possui uma raiz central que é interligada a raízes laterais. Esse sistema radicular pivotante é característico de plantas Eudicotiledôneas que penetram mais profundamente no solo, assim podem alcançar até 1,5 m de profundidade. O caule da planta nova é ereto, não lenhoso ou semi-lenhoso e também flexível. Esta haste é coberta por pelos glandulares, que com o crescimento da planta torna-se lenhoso e fino, e, portanto, não suporta o peso da planta em posição ereta. Já a coloração pode mudar de amarelo á vermelho. O peso dos frutos pode variar de 5 até a 30 g e cada esgalho pode conter de 6 a 18 frutos, há casos que as pencas apresentam até quantidades maiores (ALVARENGA, 2004).

Apresenta sabor adocicado sendo um ingrediente presente e constante na gastronomia atual, também são utilizados na ornamentação de pratos, e assim são apreciados pelo excelente sabor e atrativa coloração (SILVA et al., 2011).

Torna-se ainda necessário o conhecimento adequado das exigências com relação à nutrição do tomateiro, e isso é relevante em cada estágio de crescimento, sendo importante para o manejo da adubação durante o seu ciclo (MINAMI e HAAG, 1989). Portanto, com essa prévia os nutrientes podem ser devem ser ministrados em níveis compatíveis, ou seja, de acordo com as exigências e fase de desenvolvimento de cada espécie (HAAG et al., 1993).

3.8.1 A espécie *lycopersicon esculentum* Mill (tomate cereja) sob cultivo orgânico

O cultivo de tomate em sistema orgânico de produção é uma maneira de agregar valor ao produto, e ao mesmo tempo, o produtor pode ingressar em um mercado cuja oferta é muito inferior à demanda na maior parte do Brasil. (SILVA, et al., 2011). E

ainda para Martínez-Blanco et al. (2009), a produção orgânica é um método mais econômico e com menos impacto que o sistema convencional.

A procura por tomate cereja é crescente, segundo dados da FAO (2014) o tomate para consumo in natura é a segunda principal hortaliça produzida no mundo. Assim, o cultivo orgânico do tomate torna-se uma alternativa mais saudável para produtores e consumidores, pois além de um alto valor nutritivo ela será produzida isenta de agrotóxicos (SANTOS et al., 2012).

Segundo Ambrosano et al. (2011), o tomate cereja é uma espécie muito adaptada ao sistema agroecológico de cultivo, apresentando boas produtividades e poucos problemas com pragas e doenças, além de ser muito saboroso e cada vez mais presente nos mercados.

Para Willer e Kilcher (2011), as práticas orgânicas aliadas à segurança alimentar dos consumidores e à sustentabilidade da produção, tornou-se uma realidade praticada comercialmente em mais de 120 países, ocupando cerca de 31 milhões de hectares de produção, movimentando cerca de US\$ 54,9 bilhões em 2009.

Com relação à área orgânica nacional, foi verificado que, para a atividade agropastoril têm-se uma área de 331.637 ha, e para o extrativismo cerca de 6.560.001 ha, sendo que toda essa extensão é explorada por 7.721 produtores orgânicos que produzem 5.215.490 t.ano⁻¹(IBD, 2011).

3.8.2 Produção do tomate cereja em ambiente protegido

Os produtores de tomate cereja têm apostado, além do cultivo orgânico, no cultivo em ambiente protegido, como em estufas, com o intuito de evitar e/ou minimizar danos que podem ser causados à cultura, como pragas e doenças. As estufas são estruturas construídas com o propósito de evitar a entrada de alguns insetos e pragas, além de impedir a entrada direta de chuva, vento e sol forte. Esses vetores podem ocasionar distúrbios fisiológicos no tomateiro e algumas doenças (CORRÊA et al., 2012). Este sistema de cultivo agrícola especializado, possibilita certo controle das condições edafoclimáticas como: temperatura, umidade do ar, radiação, solo, vento e composição atmosférica. Além dessas condições favoráveis à cultura, o ambiente protegido também permite a realização do cultivo em épocas que normalmente não seriam escolhidas para a produção a céu aberto (PURQUERIO e TIVELLI, 2006).

Segundo Corrêa et al. (2012), é necessária uma observação nas estufas com relação ao problema de salinização na superfície do solo, pois essa ocorrência pode

ocasionar efeitos fitotóxicos nas plantas. Tal problema é devido às águas das chuvas que se acumulam na parte externa à estufa podendo escoar para a parte interna, isso induz o aumento da concentração de sais no interior da mesma, já que nessa existe uma ausência de precipitação, desencadeando a falta de lixiviação de nutrientes, assim, com o passar do tempo, ocorre à junção desses nutrientes na superfície do solo.

No Brasil, o cultivo em ambiente protegido teve seus registros em pesquisas no final dos anos 60, porém, somente no fim dos anos 80 e meados da década de 90 que essa técnica de plantio passou a ser vastamente difundida (GRANDE et al., 2003; SANTOS et al., 2010).

Porém, no Brasil especialmente nas regiões quentes, é necessário cuidado especial quando se propõe cultivar em ambiente protegido, pois as altas temperaturas podem provocar um acréscimo de radiação infravermelha, aumentando ainda mais a temperatura no ambiente, isso pode ocasionar danos à cultura, provocando uma aceleração no metabolismo das plantas. Portanto, na região Nordeste, é extremamente importante deixar que ocorra a circulação de ar na estufa, pelo menos nas laterais.

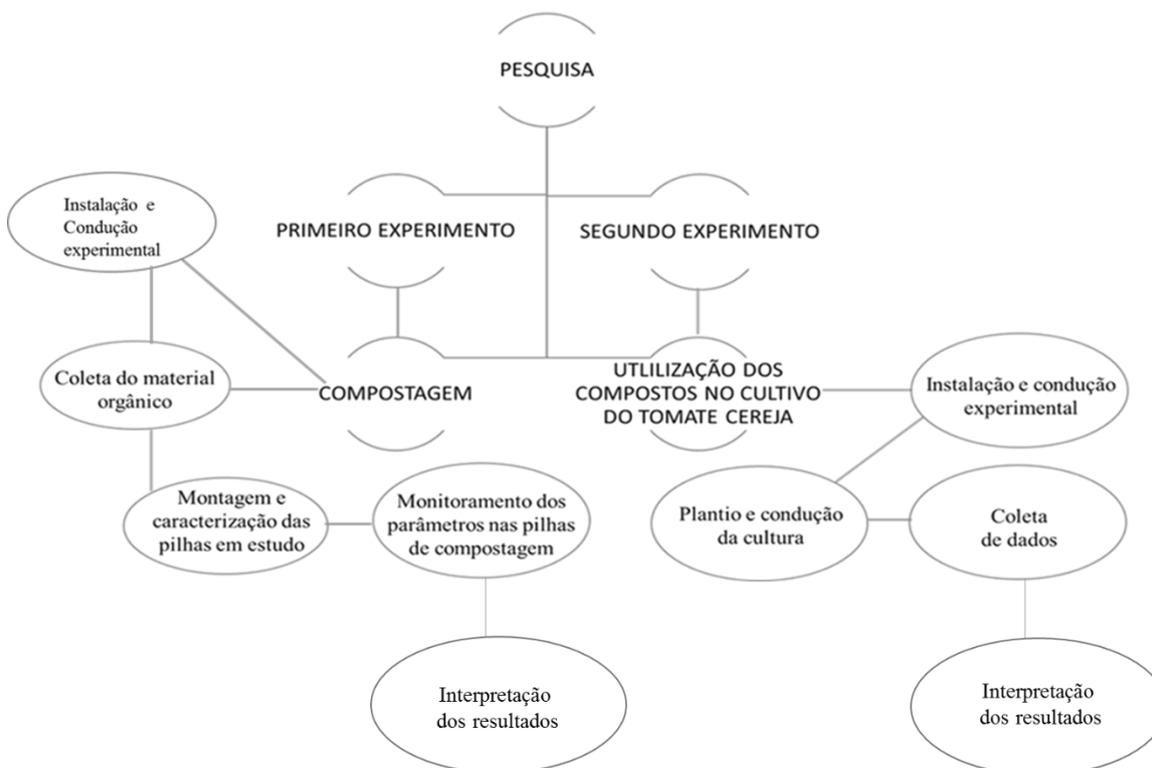
Apesar disso, o cultivo de tomate em ambiente protegido, segundo Reis (2013), tem se expandido com o propósito de melhorar a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas, com o intuito de proporcionar regularidade na produção, e essa produção tem se expandido especialmente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

E ainda, Whatley e Whatley (1982) observaram que, quando as cultivares são conservadas na sombra tendem a se desenvolverem mais, apresentando maior área foliar, quando comparadas às que são mantidas no sol. Segundo esses autores, a luz solar intensa pode favorecer o desenvolvimento de células longas, enquanto que as plantas que crescem em ambiente protegido apresentam maior formação de parênquima lacunoso, influenciando no aumento da massa foliar.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento da metodologia encontra-se descrito no fluxograma apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Caminho da Pesquisa



4.1 PRIMEIRO EXPERIMENTO – Compostagem de resíduos orgânicos

Foram registradas, em um climograma, as condições climáticas referentes à temperatura, umidade e precipitação durante esse experimento. Os dados foram obtidos junto à estação meteorológica da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. Esses dados foram necessários uma vez que, o processo de compostagem foi realizado a céu aberto.

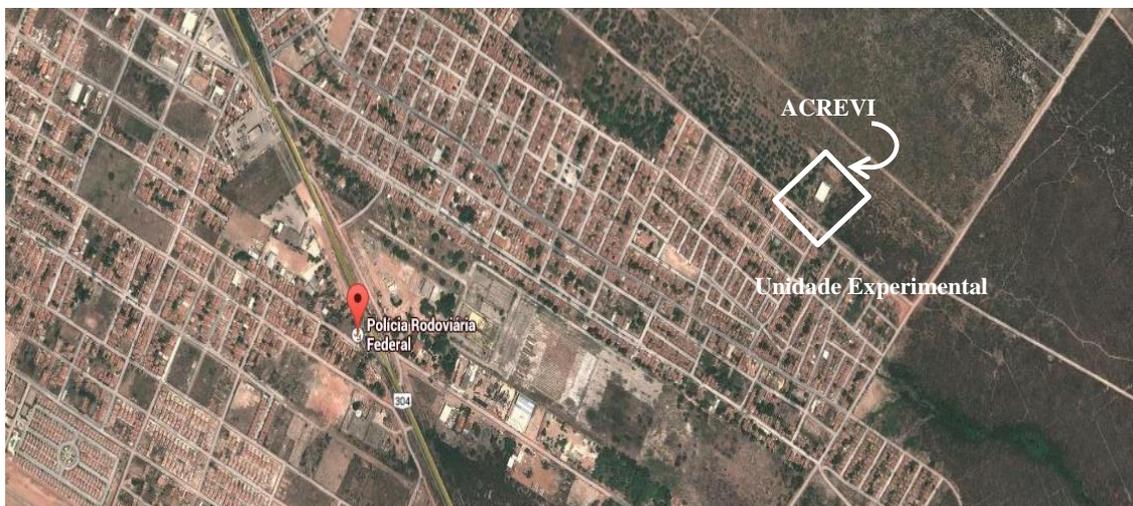
Foi proposto a embalagem para o armazenamento dos compostos produzidos.

4.1.1 Instalação e condução experimental

A pesquisa foi desenvolvida na 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 (Figura 7), sendo a primeira associação de catadores fundada em Mossoró.

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



Fonte: Google maps

Na determinação dos tipos climáticos de Köppen, a região é caracterizada pelo clima do tipo BSw^h¹, seco e muito quente, apresentando 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).

O primeiro experimento foi dividido em três sub etapas: (4.1.1.1) Coleta do material orgânico; (4.1.1.2) Montagens e caracterização das pilhas em estudo; (4.1.1.3) Monitoramento de parâmetros nas pilhas de compostagem.

4.1.1.1 Coleta do material orgânico

A coleta dos resíduos vegetais (podas das árvores) foi realizada pelo serviço de limpeza urbana do município de Mossoró, foram acondicionados em caminhões e levados para a associação comunitária reciclando para a vida, onde foram triturados em um equipamento marca TRAPP (Vermeer BC1000XL-85hp), (Figura 8).

Figura 8 – Coleta e moagem do material vegetal



Fonte: Acervo da pesquisa

O esterco bovino foi obtido no setor de bovinocultura da UFERSA e os resíduos alimentares adquiridos em Restaurante Popular e no centro comercial do município de Mossoró. Foram coletadas aproximadamente 7 toneladas de poda vegetal, 1500 Kg de esterco bovino e 1500 Kg de resíduos alimentares. (Figura 9).

Figura 9 – Tipos de restos de comida utilizados no experimento



Fonte: Acervo da pesquisa

A coleta desse material ocorreu todos os dias, sempre no período matutino, durante dois meses, sendo estes armazenados em sacos plásticos e em seguida transferidos para frizzer, localizado no laboratório de Análises de Solo, Água e planta (LASAP), para a conservação das propriedades físicas, químicas e biológicas (Figura 10).

Figura 10 – Meio de armazenamento dos resíduos alimentares



Fonte: Acervo da pesquisa

Os resíduos alimentares só foram retirados do freezer nos respectivos dias das construções das pilhas.

Nas pilhas que necessitaram de quantidades inferiores de restos de comida (pilha 1 e 2), os resíduos alimentares não foram armazenados em freezer, foram utilizados quando fornecidos e, em temperatura ambiente.

4.1.1.2 Montagens e caracterização das pilhas em estudo

Na pesquisa foram produzidos cinco compostos, totalizando cinco pilhas, a partir da coleta dos materiais citados no item 4.1.2.1 Os compostos foram produzidos de acordo com o método windrow (PEREIRA NETO, 2007). O método foi escolhido por ser o mais barato entre os sistemas de compostagem disponíveis, embora não haja controle preciso sobre as variáveis operacionais do processo (AZEVEDO, 1993).

A compostagem foi realizada em uma área de aproximadamente 100 m² em local plano, de fácil acesso para carga e descarga do material, e próximo a uma fonte de água para irrigações periódicas para o controle da umidade (Figura 10). O processo de compostagem ocorreu no período de 01 de junho a 23 de dezembro de 2015. As cinco pilhas construídas em formato cônico com dimensões aproximadas de 1,60 m de altura e 2,00 m de largura (Figura 11), e dispostas de forma espaçadas e paralelas umas às outras, com o intuito de facilitar o revolvimento, a passagem dos materiais e a locomoção das pessoas.

Figura 11– Medição para a construção das pilhas de compostagem



Fonte: Acervo da pesquisa

Todas as pilhas foram construídas com 70% de material vegetal e 30% de esterco (E) e restos de comidas (RC), conforme recomendado por Pereira Neto (2007), ocorrendo variação na proporção de E e RC.

As cinco pilhas foram construídas com as seguintes características:

Pilhas 1 e 2

Foi depositado uma camada de resíduo vegetal seco de aproximadamente 30 cm com podas de árvores trituradas, em seguida, foi regado com água de maneira uniforme por toda a pilha, posteriormente, uma segunda camada foi instalada colocando aproximadamente 5 cm de RC triturados e E, na proporção de 1:1 (15% E e 15% RC) para a pilha 1 e 2:1 (20% E e 10% de RC) para a pilha 2. Essa sequência foi seguida até a pilha atingir 1,60 m de altura.

Esse processo ocorreu no período de 13 de junho a 11 de setembro de 2015.

Os restos de comida utilizados na construção dessas pilhas foram coletados nos restaurantes do centro comercial do município. Sendo constituídos de material bem diversificado (arroz, feijão, cascas de frutas, legumes, restos de carnes, etc.).

Os resíduos alimentares não foram refrigerados, sendo utilizados quando coletados, porém, já estavam armazenados em sacos plásticos há quatro dias.

Pilha 3

Foi depositado uma camada de resíduo vegetal seco de aproximadamente 30 cm com podas de árvores trituradas, em seguida, foi regado com água de maneira uniforme por toda a pilha, posteriormente, uma segunda camada foi instalada colocando aproximadamente 5 cm de RC triturados e E, na proporção de 1:2 (10% E e 20% RC). Essa sequência foi seguida até a pilha atingir 1,60 m de altura.

Esse processo ocorreu no período de 01 de agosto a 01 de novembro de 2015.

Os restos de comida utilizados na construção dessa pilha foram adquiridos em um dos Restaurantes Popular da cidade de Mossoró. Foi observado que os restos de comida utilizados nessa pilha, eram constituídos de cascas de frutas (principalmente laranja, abacaxi e melancia) e hortaliças (principalmente alface), não apresentando variedade de material.

Esses resíduos foram armazenados em sacos plásticos e refrigerados até sua utilização. Isso ocorreu devido à construção dessa pilha necessitar de maiores quantidades desses resíduos.

Pilha 4 - testemunha

Foi depositado uma camada de resíduo vegetal seco de aproximadamente 30 cm com podas de árvores trituradas, em seguida, foi regado com água de maneira uniforme por toda a pilha, posteriormente, uma segunda camada foi instalada colocando aproximadamente 5 cm de E, na proporção de 3:0 (30% E e 0% RC). Essa sequência foi seguida até a pilha atingir 1,60 m de altura. Esse processo ocorreu no período de 01 de agosto a 29 de outubro de 2015.

Pilha 5

Foi depositado uma camada de resíduo vegetal seco de aproximadamente 30 cm com podas de árvores trituradas, em seguida foi regado com água de maneira uniforme por toda a pilha, posteriormente, uma segunda camada foi instalada colocando aproximadamente 5 cm de RC triturados, na proporção de 0:3 (0% de E e 30% RC). Essa sequência foi seguida até a pilha atingir 1,60 m de altura. Lembrando.

Esse processo ocorreu no período de 19 de setembro a 21 de dezembro de 2015.

Os restos de comida utilizados na construção dessa pilha foram adquiridos em Restaurante Popular da cidade de Mossoró. Foi observado que os restos de comida utilizados nessa pilha, eram constituídos de material bem diversificado (arroz, feijão, cascas de frutas, legumes, restos de carnes, etc.).

Esses resíduos foram armazenados em sacos plásticos e refrigerados até sua utilização. Isso ocorreu devido à construção dessa pilha necessitar de maiores quantidades desses resíduos.

A demonstração das sequências de camadas nas pilhas é mostrada na Figura 12.

Figura 12 – Construção das pilhas – primeira camada, segunda camada até o topo



Fonte: Acervo da pesquisa

O revolvimento das pilhas foi manual e ocorreu na primeira semana, a cada três dias, posteriormente a cada dez dias. A irrigação também foi manual e ocorreu diariamente (Figura 13).

Figura 13 – Demonstração da irrigação e revolvimento manual



Fonte: Acervo da pesquisa

Foram realizadas coletas semanais (durante o experimento) e após a maturação dos compostos (no término do processo). Essas coletas foram realizadas através do método do quarteamo, procedimento - NBR 10.007 de 1987. Esse método consiste em utilizar uma quantidade de material na forma de monte, misturar bem e em seguida dividir o monte em quatro partes. Após a divisão, foram escolhidos dois montes diagonais, que foram posteriormente misturados entre eles e levado para análise (Figura 14).

Figura 14 – Coleta da amostra – Método do quarteamo



Fonte: Acervo da pesquisa

Em geral, foram monitorados durante o processo de compostagem e no composto final, parâmetros como: temperatura, umidade, pH, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), relação C/N, substâncias húmicas (ácidos húmicos, fúlvicos e humina), nutrientes e contaminantes químicos, coliformes total e termo tolerantes, Salmonella e observação de maturação.

4.1.1.3 Monitoramento de parâmetros nas pilhas de compostagem

O monitoramento nas pilhas de compostagem foi realizado durante o processo e no estágio final.

Durante o processo foram monitorados parâmetros como: Temperatura, umidade, pH, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação C/N.

No estágio final, com os compostos maturados foram realizadas análises de: Substâncias húmicas, nutrientes e contaminantes químicos, análises microbiológicas. Segue o procedimento detalhado de cada parâmetro avaliado.

4.1.1.3.1 Temperatura

A leitura foi realizada a cada três dias na primeira semana, e posteriormente a cada dez dias, sempre em alturas diferentes (topo, centro e base) nas pilhas, com um termômetro digital tipo espeto com alarme e escala (- 50 + 300 °C), resolução de 1 °C e exatidão de - 10 °C a 100 °C = ± 1 °C, marca INCOTERM (Figura 15). Foi considerada, para discussão, a maior temperatura observada.

Figura 15 – Demonstração da medição das pilhas em diferentes alturas



Fonte: Acervo da pesquisa

4.1.1.3.2 Umidade

Objetivando ensinar aos catadores/recicladores da ACREVI foi utilizado dois métodos para a determinação da umidade:

a) Visual/manual

Essa observação foi realizada semanalmente. Consistia em analisar, através do tato, se a massa da pilha estava úmida ou seca. Nesse procedimento foi retirada uma pequena porção das pilhas para fazer um bolo com a mão, não escorrendo líquido, a umidade estava satisfatória.

b) Umidade a 65 °C

Essa análise foi realizada semanalmente e em triplicata. Foi realizada uma amostragem de cada pilha e transferida para uma estufa (65 °C) até que ocorresse a estabilização da massa (Lanarv, 1988), (Figura 16).

Assim calculou-se o teor de umidade de acordo com a equação:

$$\text{Umidade a } 65^{\circ}\text{C} = \frac{100 (\text{peso inicial} - \text{massa estabilizada})}{\text{Peso inicial}}$$

Figura 16 – Demonstração da análise da umidade e o material em estado inicial de decomposição na estufa para estabilização de peso



Fonte: Acervo da pesquisa

4.1.1.3.3 Potencial hidrogeniônico - pH

A leitura de pH foi realizada a cada três dias na primeira semana, e posteriormente a cada dez dias, durante a fase de degradação dos compostos. Para essa análise, foi coletada uma amostra aleatória de cada pilha, e então pesada uma

quantidade de 10 g e adicionado 50 mL de água deionizada à amostra. A mistura foi agitada, manualmente, por 1 min. Em seguida, ficou em repouso por 30 min e foi levado ao pHmetro, marca TECNAL 3MP, para a leitura (Figura 17). As análises foram realizadas em triplicata.

Figura 17– Demonstração das amostras preparadas para análise do pH



Fonte: Acervo da pesquisa

4.1.1.3.4 Carbono Orgânico Total (COT)

Foram realizadas quatro análises, onde três foram durante a fase de degradação dos compostos: uma no início, depois dos 10 primeiros dias da junção dos materiais para produção dos compostos, outras com 30 e 60 dias do início da compostagem e uma com o produto final.

A determinação de COT foi realizada pelo método de oxidação por via úmida com aquecimento externo (YEOMANS E BREMNER, 1988). Segue-se a descrição dos materiais e reagentes utilizados nesse procedimento (Tabela 3) e a metodologia detalhada.

Tabela 3. Materiais e reagentes utilizados na determinação de COT

MATERIAIS	Bloco digestor
	Balança de precisão
	Agitador Magnético
REAGENTES	Solução de dicromato de potássio 0,167 M - dissolver 49,025 g de $K_2Cr_2O_7$ (seco em estufa a 140 °C por 1 h) e diluir p 1L com água destilada.
	Solução de sulfato ferroso amoniacal 0,2 M – dissolver 156,8 g de $Fe (NH_4)_2(SO_4)_2.6 H_2O$ em 100 mL de ácido sulfúrico concentrado, diluir a solução para 1500 mL de água destilada e completar para 2 L com água destilada.
	Solução indicadora de ferroin – dissolver 1,485 g de <i>o</i> -fenantrolina e 0,695 g de $FeSO_4$ em 100 mL de água destilada.

PROCEDIMENTO

Para a determinação do carbono orgânico total, antes da pesagem foi necessário passar, aproximadamente 2 g dos compostos orgânicos em almofariz e depois passar todo material por peneira de 0,2 mm (60 mesh). Em seguida, pesou-se 0,05 g de cada tratamento, em quintuplicata, transferiu-se para tubos digestores, onde foi adicionado 5 mL de uma solução de dicromato de potássio 0,167 M e 7,5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Esses tubos foram transferidos para o bloco digestor, após um pré-aquecimento do mesmo a 170 °C, e foram mantidos no bloco, nessa temperatura, durante 30 min. Após o resfriamento, transferiu-se o conteúdo de cada tubo para erlenmeyers de 250 mL, de modo que o volume final fosse 80 mL. Adicionou-se 0,3 mL da solução indicadora e titulou-se com a solução de sulfato ferroso amoniacal 0,2 M. O ponto de viragem é de verde para violeta ou vermelho intenso.

CÁLCULO

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

$$\text{COT (dag/kg)} = \frac{(A) (\text{molaridade sulf ferroso}) (3) (100)}{\text{Peso da amostra (mg)}}$$

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 C^0 (3/2), multiplicado pela massa atômica do C (12);

100 = fator de conversão de unidade (mg/mg para dag/Kg)

4.1.1.3.5 Nitrogênio total- NT (método Kjeldahl)

Foram realizadas quatro análises, onde três foram durante a fase de degradação dos compostos: uma no início, depois dos 10 primeiros dias da junção dos materiais para produção dos compostos, outras com 30 e 60 dias do início da compostagem e uma com o produto final. O método utilizado foi uma digestão úmida em sistema aberto, utilizando o bloco digestor.

Esse método compreende a digestão da amostra para converter nitrogênio orgânico a íon amônio ($N-NH^{4+}$) e a determinação do $N-NH^{4+}$ no digerido, que foi analisado após a destilação (Figura 18) por arraste de vapor seguida de titulação com ácido sulfúrico diluído (TEDESCO et al., 1995; EMBRAPA, 2009). Segue-se a descrição dos materiais e reagentes (Tabela 4) e metodologia detalhada.

Tabela 4. Materiais e reagentes utilizados na determinação de NT

MATERIAIS	Destilador semimicro Kjeldahl de 100 mL
	Bureta de 10 mL
REAGENTES	Solução de verde de bromocresol e vermelho de metila – Dissolver 0,660 g de verde de bromocresol e 0,330 g de vermelho de metila em 1000 mL de álcool etílico 95% (solução 1).
	Solução de ácido sulfúrico 0,025 M – Adicionar 1,4 mL de ácido sulfúrico p.a em aproximadamente 800 mL de água destilada em um balão volumétrico com capacidade para 1 L. Completar o volume com água destilada e agitar.
	Indicador ácido bórico – Dissolver 40 g de ácido bórico em aproximadamente 1400 mL de água destilada em um balão volumétrico de 2 L. Após solubilizar, acrescentar 400 mL de álcool etílico 95% e 40 mL da uma solução 1. Completar o volume a 2 L com água destilada e misturar. O pH da solução deve ficar entre 5,0 e 5,1. Para ajustar deve ser utilizado NaOH 0,05 M, até atingir o pH desejado.
	Solução de Hidróxido de sódio 10 M – Pesar 400 g de NaOH p.a. Transferir para um balão volumétrico contendo cerca de 500 mL água destilada com auxílio de um funil lavando o bécker até que todo o NaOH seja completamente transferido para o balão.

PROCEDIMENTO

Preparou-se erlenmeyer de 125 mL com 5 mL do indicador ácido bórico referente ao número de amostras a serem determinadas.

Pipetou-se 10 mL do extrato 1 da digestão $H_2SO_4 + H_2O_2$ para um tubo de destilação;

Fixou-se o tubo no destilador de nitrogênio;

Adicionou-se 5 mL de hidróxido de sódio 10 M;

Destilou-se até coletar 35-40 mL;

Titulou-se com ácido sulfúrico 0,025 M. Utilizar a bureta de 10 mL;

Realizou-se o mesmo procedimento com a prova em branco;

NOTAS:

O ponto final da titulação é a coloração rosa. A destilação deve ser iniciada com a prova em branco e observar se o valor obtido é aceitável (entre 0 e 0,5).

CÁLCULO

N (nitrogênio em g/Kg) = $((L - B) \times 700 \times 5 \times 5) / 10000 \times 10) / 2,0$

Para transformar o resultado de g/Kg em %, faz a divisão do valor final por 10.

L = leitura da amostra;

B = leitura do branco;

Figura 18 – Fases na análise do nitrogênio Total



Fonte: Acervo da pesquisa

4.1.1.3.6 Relação Carbono/Nitrogênio (CN)

Foram realizadas quatro análises, todas em triplicata, onde três serão durante a fase de degradação dos compostos: uma no início, depois de 10 dias da junção dos materiais para produção dos compostos e as outras com 30, 60 dias do início da compostagem e uma com o produto final.

Assim, a partir dos resultados das análises de COT e Nitrogênio, foi calculada a relação CN, de acordo com a equação:

$$\text{Equação 1 - Relação CN} = \frac{\% \text{ de Carbono}}{\% \text{ de Nitrogênio}}$$

4.1.1.3.7 Substâncias húmicas (SH)

A realização dessa análise foi em triplicata, no estágio final do processo de compostagem. Os materiais e reagentes estão descritos na Tabela 5 e o método é descrito detalhadamente a seguir:

Tabela 5 – Materiais e reagentes utilizados na determinação das SH

MATERIAL	Centrífuga
	Balança de precisão
	Agitador vertical
	Bloco digestor
	Estufa
REAGENTES	Solução de hidróxido de sódio 0,1 M – Dissolver 8 g de NaOH em água destilada e completar o volume para 2000 mL.
	Solução de dicromato de potássio 0,2 M – 58,84 g de $K_2Cr_2O_7$ (seco em estufa a 140 °C por 1 h) e dissolver para 1000 mL de água destilada.
	Solução de Sulfato ferroso amoniacal 0,2 M – Dissolver 78,43 g de $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ em 20 mL de ácido sulfúrico concentrado, diluir a solução para 1000 mL de água destilada.
	Solução indicadora de ferroin – Dissolver 1,485 g de <i>o</i> -fenantrolina e 0,695 g de $FeSO_4$ em 100 mL de água destilada.

PROCEDIMENTO

Para a determinação de C das frações recalcitrantes (Figura 19), as amostras finais de cada tratamento foram trituradas, passadas em peneira de 60 mesh (0,210 mm) e submetidas ao fracionamento de substâncias húmicas (SWIFT, 2001).

Desse fracionamento, foram obtidas as frações correspondentes aos ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas, pela solubilidade diferencial em soluções ácidas e alcalinas, descritos abaixo:

Ácidos Húmicos e Fúlvicos – Pesou-se 1 g dos compostos orgânicos, transferiu-se para tubos de centrífuga e adicionou-se 25 mL da solução de NaOH 0,1 M. Os tubos foram fechados e levados ao agitador vertical por 1 h por 30 min a 170 rpm. Depois deixou-os descansar por aproximadamente 12 h. Depois desse descanso, os tubos foram levados à centrífuga a 3000 g ($FCR_{média}$) por 20 min. Transferiu-se o sobrenadante para coletores e adicionou-se, novamente aos tubos de centrífuga, 25 mL da solução de NaOH 0,1 M. Agitou-se manualmente e deixou em descanso por 1 h. Levou-os novamente a

centrífuga na mesma rotação e tempo. Após o término, foi transferido o sobrenadante ao anterior. No extrato alcalino (contido nos coletores) estão a fração ácidos húmicos (FAH) e fúlvicos (FAF), nesse extrato foi verificado o pH (no pHmetro) e foi feito aferição até atingir $\text{pH } 2,0 \pm 0,1$ com solução de ácido sulfúrico (20 a 30%). Já o resíduo que ficou no tubo de centrífuga contém a fração humina, esse foi transferido para estufa até a secagem (em média 24 h a 65°C). Dos extratos contidos nos coletores, os quais foram ajustados o pH, foram transferidos para outros tubos de centrífuga e deixado em repouso por, aproximadamente, 12 h, para total precipitação da fração húmica. Transcorrido esse tempo, os tubos foram levados à centrífuga na mesma rotação por 5 min. O sobrenadante (FAF) foi transferido para balão de 50 mL e o volume foi aferido com água destilada. Ao precipitado retido no tubo, FAH, adicionou-se aproximadamente 30 mL de NaOH 0,1 M, homogeneizou-se e transferiu-se para balão de 50 mL completando o volume com a solução de NaOH 0,1 M. transferiu-se os extratos, contidos nos balões de 50 mL, para coletores, esses extratos foram usados para determinação do carbono das frações AF e AH.

Para a determinação do carbono nas frações AF e AH, retirou-se 10 mL dos extratos contidos nos coletores e transferiu-os para tubos digestores e acrescentou-se 5 mL de dicromato de potássio 0,2 M e 7,5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Esses tubos foram levados ao bloco digestor, com a temperatura de 150°C , onde permaneceu por 30 min. Após o resfriamento os extratos foram diluídos para 50 mL e transferidos para erlenmeyeres de 250 mL. Adicionou-se 6 gotas do indicador ferroin e realizou-se a titulação com a solução de sulfato ferroso amoniacal a 0,2 M. Anotou-se o volume gasto. O ponto de viragem da titulação é nítido de verde intenso para vermelho- intenso. Nas mesmas condições foram feitos 6 brancos controle (5 mL de dicromato de potássio a 0,2 M e 7,5 mL de ácido sulfúrico concentrado). Três desses brancos foram levados ao bloco digestor, e os outros três permaneceram sem aquecimento, em temperatura ambiente.

CÁLCULO

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

$$CO_{FAF,FAH} \text{ (dag/kg)} = \frac{(A) \text{ (molaridade sulf ferroso)} (3) (100) (VT \text{ (mL)})}{(VA \text{ (mL)}) \text{ (peso da amostra (mg))}}$$

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 C^0 (3/2), multiplicado pela massa atômica do C (12); 100 = fator de conversão de unidade (mg/mg para dag/Kg); VT = volume total obtido na extração de cada fração; VA = volume de extrato utilizado para determinação do C; Peso da amostra = quantidade de composto orgânico utilizada na extração das substâncias húmicas;

Para a determinação da fração humina, foram retirados os tubos da estufa, já secos, e seguiu-se o mesmo procedimento da determinação do carbono orgânico total, só foi mudado o peso, nesse pesou-se 0,1 g.

Figura 19 - Demonstração das análises de substâncias húmicas com as separações dos ácidos fúlvicos, húmicos e humina



Fonte: Acervo da pesquisa

4.1.1.3.8 Nutrientes e contaminantes químicos

A partir do produto final de cada tratamento, foi realizada uma digestão úmida em sistema fechado usando forno micro-ondas como fonte de calor e o ácido nítrico concentrado para digerir o composto. O resultado desse processo é a obtenção de um extrato líquido, onde foi analisado: Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Ni, Pb, Ca, Mg, por espectrofotometria de absorção atômica – EAA, e os nutrientes fósforo (P), sódio (Na) e

potássio (K), foram analisados por calorimetria e espectrofotometria de chama, respectivamente (EMBRAPA, 2009). As análises foram realizadas em triplicata. Segue a metodologia detalhada de cada procedimento.

a) Determinação de potássio por fotometria de chama (Figura 20 A)

Princípio do método – O potássio (K) da solução aquosa é aspirado na chama ar – GLP, e as energias emitidas por esse elemento são proporcional às concentrações de K (EMBRAPA, 2009). Segue-se a descrição dos materiais e reagentes utilizados nesse procedimento (Tabela 6) e a metodologia detalhada.

Tabela 6 – Material e reagentes utilizados na determinação do potássio

MATERIAL	Fotômetro de chama
REAGENTES	Solução de K 1000 ppm – Pesar 0,19067 g de KCl, transferir para balão volumétrico de 100 mL, adicionar 20 mL de ácido nítrico p.a. Completar o volume com água deionizada.
	Solução padrão de K: A partir da solução de K 1000 ppm, preparar soluções de: 0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 e 20,0 ppm de K.

PROCEDIMENTO

Pipetou-se 1 mL do extrato 1 (da digestão do micro-ondas) em copo descartável e acrescentou-se 19 mL de água destilada (extrato 2).

Ajustou-se o fotômetro de chama com a solução padrão de K 20 ppm e efetuar a leitura das soluções que estimaram a curva.

Efetuuou-se a leitura do extrato 2.

Realizou-se a leitura da prova em branco seguindo o mesmo procedimento da preparação da amostra para leitura.

CÁLCULO

$K \text{ (potássio em g/Kg)} = ((L - B) \times b) + a) \times f \times (25/1000) \times (1000/0,5) \times (1/1000)$,
onde:

L = leitura da amostra;

B = leitura do branco;

b = coeficiente linear (declividade) da equação ajustada para a curva padrão;

a = intercepto da equação ajustada para a curva padrão;

f = fator de diluição da amostra;

L = leitura da amostra;

B = leitura do branco;

b = coeficiente linear (declividade) da equação ajustada para a curva padrão;

a = intercepto da equação ajustada para a curva padrão;

f = fator de diluição da amostra.

b) Determinação de fósforo (Figura 20 B)

O íon H_2PO_4^- em meio fortemente ácido reage com molibdato (MoO_4^-), formando um complexo de coloração azul, e a intensidade da coloração é proporcional à concentração de P (EMBRAPA, 2009). Segue-se a descrição dos materiais e reagentes utilizados nesse procedimento (Tabela 7) e a metodologia detalhada.

Tabela 7 – Material e reagentes utilizados na determinação do fósforo

MATERIAL	Espectrofotômetro UV - VIS
REAGENTES	Solução de molibdato de amônio 2% - Dissolver 20 g $(\text{NH}_4^+)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ p.a. em 200 mL de água. Em outro frasco com 500 mL de H_2O , dissolver 2 g de subcarbonato de bismuto e adicionar 150 mL de H_2SO_4 98% p.a. Esfriar, misturar as duas soluções e completar o volume até 1000 mL com H_2O (solução 1).
	Solução diluída de molibdato – Transferir 300 mL da solução 1 para frasco de 1000 mL e completar o volume com H_2O (solução 2).
	Solução padrão de 1000 ppm de P – Transferir 4,3928 g de KH_2PO_4 p.a. em frasco de 1000 mL, adicionar 3 mL de H_2SO_4 98% e completar volume com H_2O .
	Soluções padrão de P – A partir da solução de 1000 ppm de P, preparar soluções de 0; 0,5 ppm; 1,0 ppm; 2,0 ppm; 3,0 ppm e 4,0 ppm de P.
	Ácido ascórbico p.a., cristal.

PROCEDIMENTO

Pipetou-se 5 mL da solução digerida, em copos descartáveis de 40 mL, adicionar 10 mL da solução 2, uma pitada de ácido ascórbico e agitar;

Preparou-se uma prova em branco seguindo o mesmo procedimento da preparação da amostra para leitura: 5 mL do branco, 10 mL da solução 2 e uma pitada de ácido ascórbico e agitar;

Após 30 minutos, efetuou-se a leitura no espectrofotômetro a 660nm;

NOTAS:

Essas soluções padrão de P, foram utilizadas para estimar a curva analítica;

É necessário realizar a curva analítica que foi preparada, separadamente, com cada uma das soluções padrão de P: 0; 0,5 ppm; 1,0 ppm; 2,0 ppm; 3,0 ppm e 4,0 ppm com adição de 10 mL da solução 2 e uma pitada de ácido ascórbico. Anotar os valores, em absorbância, obtidos no espectrofotômetro e estimar a concentração de P, a partir do intercepto da curva;

O equipamento deve ser zerado com o primeiro ponto da curva, que foi preparado com 5 mL de água destilada, 10 mL de solução de molibdato diluído e uma pitada de ácido ascórbico. É necessário fazer a leitura da prova em branco;

Se a cor azul desenvolvida estiver superior à tonalidade do último ponto da curva é necessário realizar uma diluição. Essa diluição pode ser efetuada retirando-se 1 mL do extrato 1 e acrescentando 9 mL de água destilada, formando um extrato 2. Então se retira 5 mL do extrato 2, 10 mL de solução de molibdato diluído e uma pitada de ácido ascórbico, e após 30 minutos efetua-se a leitura no espectrofotômetro a 660 nm, ou seja, segue-se o mesmo raciocínio da amostra sem a diluição. Assim a amostra foi diluída 10 vezes. Não é necessário fazer o mesmo procedimento com a curva, essa terá os mesmos valores antes da diluição;

Sempre que for realizado um procedimento de diluição na amostra (extrato 1), é necessário realizar o mesmo procedimento, e na mesma proporção, com a prova em branco;

Se o valor da prova em branco, em absorbância, for inferior a zero, deve ser considerado o valor nulo.

CÁLCULO

P (fósforo, em mg/Kg) = $((L - B) \times b) + a) \times f \times (15/1000) \times (10/5) \times (25/1) \times (1000/0,5) \times (1/1000)$, onde:

L = leitura da amostra;

B = leitura do branco;

b = coeficiente linear (declividade) da equação ajustada para a curva padrão;

a = intercepto da equação ajustada para a curva padrão;

f = fator de diluição da amostra.

c) Determinação de Cu, Fe, Zn, Mn, Ni, Cd e Pb por espectrofotometria de absorção atômica (Figura 20 C). Segue-se a descrição dos materiais e reagentes utilizados nesse procedimento (Tabela 8) e a metodologia detalhada.

Tabela 8 – Materiais e reagentes utilizados na determinação dos micronutrientes e contaminantes químicos.

MATERIAL	Espectrofotômetro de absorção atômica com chama de ar-acetileno. Lâmpada de cátodo oco de Cu, Fe, Zn, Mn, Ni, Cd e Pb.
REAGENTES	Solução padrão de Cu – A partir da solução padrão de 1000 mg L ⁻¹ de Cu, preparar soluções de: 0; 0,2 mg L ⁻¹ ; 0,6 mg L ⁻¹ ; 1,0 mg L ⁻¹ .
	Solução padrão de Fe – A partir da solução padrão de 1000 mg L ⁻¹ de Fe, preparar soluções de: 0; 2 mg L ⁻¹ ; 6 mg L ⁻¹ ; 10 mg L ⁻¹ .
	Solução padrão de Zn – A partir da solução padrão de 1000 mg L ⁻¹ de Zn, preparar soluções de: (0; 0,5 mg L ⁻¹ ; 1,5 mg L ⁻¹ ; 2,0 mg L ⁻¹ .
	Solução padrão de Mn – A partir da solução padrão de 1000 mg L ⁻¹ de Mn, preparar soluções de: 0; 1,0 mg L ⁻¹ ; 3,0 mg L ⁻¹ ; 5,0 mg L ⁻¹ .
	Solução padrão de Ni – A partir da solução padrão de 1000 mg L ⁻¹ de Mn, preparar soluções de: 0; 1,0 mg L ⁻¹ ; 3,0 mg L ⁻¹ ; 5,0 mg L ⁻¹ .
	Solução padrão de Cd – A partir da solução padrão de 1000 mg L ⁻¹ de Mn, preparar soluções de: 0; 1,0 mg L ⁻¹ ; 3,0 mg L ⁻¹ ; 5,0 mg L ⁻¹ .
	Solução padrão de Pb – A partir da solução padrão de 1000 mg L ⁻¹ de Mn, preparar soluções de: 0; 1,0 mg L ⁻¹ ; 3,0 mg L ⁻¹ ; 5,0 mg L ⁻¹ .

PROCEDIMENTO

Após o ajuste do EAA conforme manual do equipamento, efetuou-se a leitura das soluções padrão, que estimam a curva analítica e logo em seguida, da solução da digestão em micro-ondas a partir do extrato 1.

NOTA:

Se for necessário fazer diluição para efetuar a leitura no EAA pode-se, para uma primeira diluição, retirar 1 mL do extrato 1 e acrescentar 9 mL de água destilada, formando o extrato 2;

As soluções padrão, que foram utilizadas para estimar a curva analítica, podem ser preparadas uma com a mistura de Cu, Fe, Zn e Mn e outra com a mistura de Ni, Cd e Pb.

CÁLCULO:

$(L-B) \times f \times (25/1000) \times (1000/0,5)$, onde:

L = leitura da amostra; B = leitura do branco; f = fator de diluição da amostra;

Figura 20 – Equipamentos onde foram realizadas as análises de nutrientes e contaminantes químicos



Fonte: Acervo da pesquisa

4.1.1.3.9 Análises Microbiológicas

A partir do produto final de cada tratamento, foram realizadas análises de coliformes totais, termotolerantes e Salmonella. As análises foram realizadas em triplicata.

PROCEDIMENTO (Coliformes totais e termotolerantes)

Para a avaliação dos coliformes totais e termotolerantes foi utilizada a técnica do número mais provável (NMP) também conhecido como método de tubos múltiplos (SIQUEIRA, 1995).

Inicialmente, para as análises de coliformes totais foram pesados 25 g de cada amostra e diluídas em 225 mL de água peptonada 0,1%. Dessa diluição foi realizada uma nova diluição (1:10), onde foi retirada 0,5 mL e transferida para tubos que continham 5 mL de caldo verde brilhante (VB) a 2%, nesses foram colocados tubos de Durhan invertidos como teste presuntivo para o crescimento de coliformes totais. Logo foram levados ao banho-maria por 48 h a 36 °C. Quando retirados foi observado se os tubos presuntivos apresentavam formação de gás e/ou turvação (Figura 21A).

Concomitantemente, realizou-se a confirmação de coliformes termotolerantes através da repicagem em caldo Escherichia coli (EC), onde os tubos positivos para VB foram transferidos para tubos contendo caldo com Escherichia coli (E.C.), meio confirmatório para coliformes termotolerantes, e deixados em banho-maria a 45 °C durante 24 horas.

Após o período de incubação, observou-se se houve formação de bolhas de gás no interior dos tubos de Durhan e realizou-se a leitura dos tubos positivos e o número mais provável (NMP) foi quantificado através da leitura na Tabela de Hoskins (APHA, 1992).

As análises foram realizadas em triplicata com amostras do composto maturado (Figura 21B).

PROCEDIMENTO (Salmonella)

Foram pesados 25 g de cada amostra do composto e diluídas em 225 mL de solução salina. Essas diluições foram levadas para a estufa por 18 h a 36 °C, em seguida foram transferidas para tubos de ensaio contendo três soluções diferentes: Caldo Rappaport, onde se adicionou 0,1 mL da diluição; seletivo de Salmonella, onde foi adicionado 1 mL da diluição e Caldo Tetracionato, onde também foi adicionado mL da diluição. Esses foram levados ao banho-maria por 24 h a 41°C. Logo foi realizado o isolamento a partir dos caldos seletivos de enriquecimento, esse procedimento foi feito repicando-os sobre uma superfície previamente seca (em placas) de forma a se obter colônias isoladas. Dessa forma foram obtidas 2 placas de BPLS, Incubou-se todas as placas, invertidas, a 36 ± 1 °C por 24 horas. Observou-se em Ágar se as colônias se apresentam cor vermelha, rosa claro, cor de pêssego ou amarela gema (SIQUEIRA, 1995).

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 urease (Figura 21C).

Figura 21 – Demonstração do resultado das análises bacteriológicas



Fonte: Acervo da pesquisa

4.2 MATURAÇÃO OU CURA

Para a determinação da maturação do composto foram utilizados alguns testes descritos por Kiehl (2002), que incluem observações visuais. Esses são descritos a seguir:

4.2.1 Teste da mão

Foi esfregada entre as palmas das mãos uma amostra umedecida de cada composto final. Se estiverem maturados, as palmas das mãos ficarão revestidas de uma pasta preta gordurosa (húmus coloidal) com aspecto de “manteiga preta”.

4.2.2 Teste da bolota

Com uma amostra umedecida, formar-se-á com as mãos uma bolota um pouco maior que uma bola de pingue-pongue. Essa bolota foi passada várias vezes de uma mão para outra e atirada de uma pequena altura. Se a bolota não se desfizer, resistindo a estas pequenas colisões, se comprova a maturação do composto. O composto não estando maturado, a bolota não resistirá a estes pequenos impactos e se desmanchará.

4.3 EMBALAGENS E ROTULAGENS DOS COMPOSTOS PRODUZIDOS

As embalagens e rotulagens dos compostos orgânicos foram propostas a partir de normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura, de acordo com a IN nº 25 de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

4.4 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A interpretação dos resultados foi baseada em observações e também coletas realizadas durante o processo e no estágio final da compostagem. Quando foram realizadas análises durante o processo de compostagem, as amostras foram avaliadas em triplicatas e os dados submetidos à média e os gráficos plotados no programa Microsoft Excel 2010. Já as análises resultantes do composto maturado, além de serem avaliadas em triplicata, os resultados foram submetidos à análise estatística (ANOVA) ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico ASSISTAT 7.7 beta (SILVA, 2009), e em seguida os gráficos plotados utilizando o programa Microsoft Excel 2010. Com exceção da maturação, nesse teste foram realizadas apenas observações visuais feitas no estágio de maturação dos compostos.

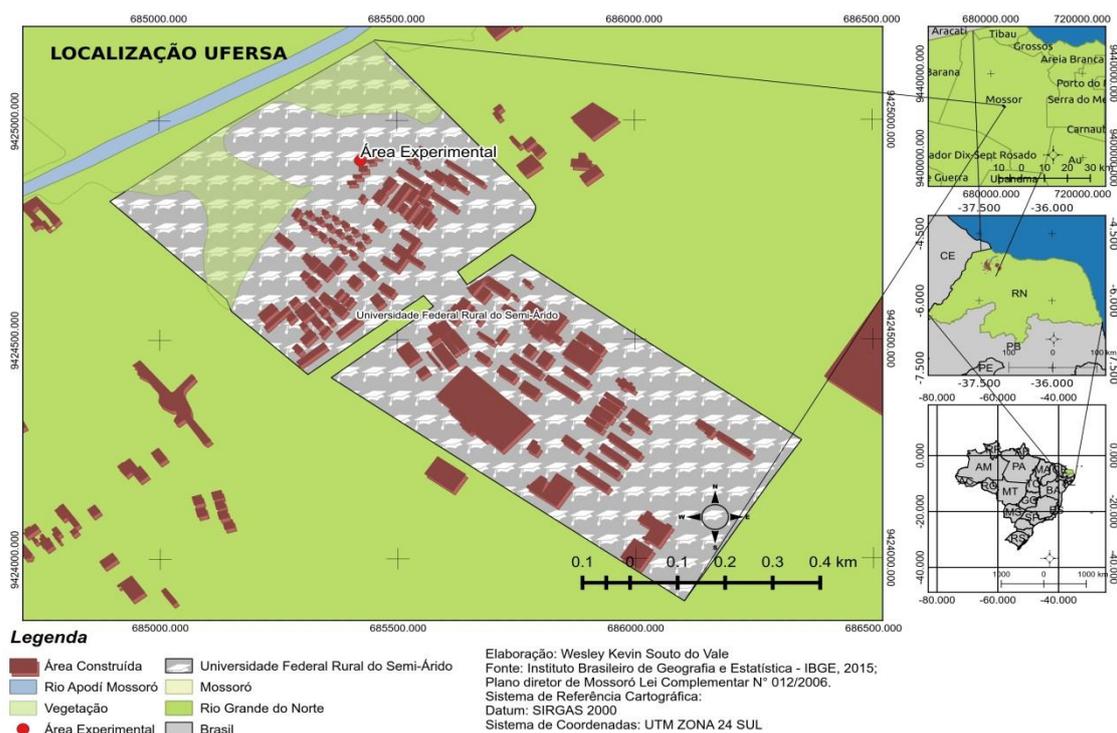
4.5 SEGUNDO EXPERIMENTO – Cultivo do Tomate Cereja

O segundo experimento aborda a utilização dos compostos orgânicos produzidos no primeiro experimento no cultivo do tomate cereja (*Solanum lycopersicum* Mill).

4.5.1 Instalação e condução experimental

O experimento foi conduzido no período de junho a setembro de 2016, em ambiente protegido (casa de vegetação), localizada no Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semiárido - UFRSA, em Mossoró-RN, cuja as coordenadas geográficas são: 5° 11' de latitude sul e 37° 20' de longitude oeste e altitude média de 18 m (Figura 22).

Figura 22 - Mapa da área



O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSw^h, (quente e seco), com precipitação pluvial bastante irregular, média anual de 673,9 mm; temperatura de 27 °C e umidade relativa do ar média de 68,9% (CARMO FILHO e OLIVEIRA, 1995).

A casa de vegetação (local de realização do segundo experimento) foi construída com piso batido de terra, apresentando dimensões de 6,4 m de largura x 18 m de comprimento. A estrutura é totalmente metálica, com cobertura tipo “arco”, coberta com filme polietileno de baixa densidade, aditivo ultravioleta e espessura de 150 µm. Possui cobertura total (frente, fundo e lateral) com tela de sombreamento de 50% passagem de luz solar, permitindo a troca de ar com proteção de ventos intensos e diminuição de temperatura. Apresenta portas tipo deslizantes composta de trilho superior para rodízio de rolamentos e trilho de base (Figura 23).

Figura 23 – Vista externa (A) e interna (B) da casa de vegetação

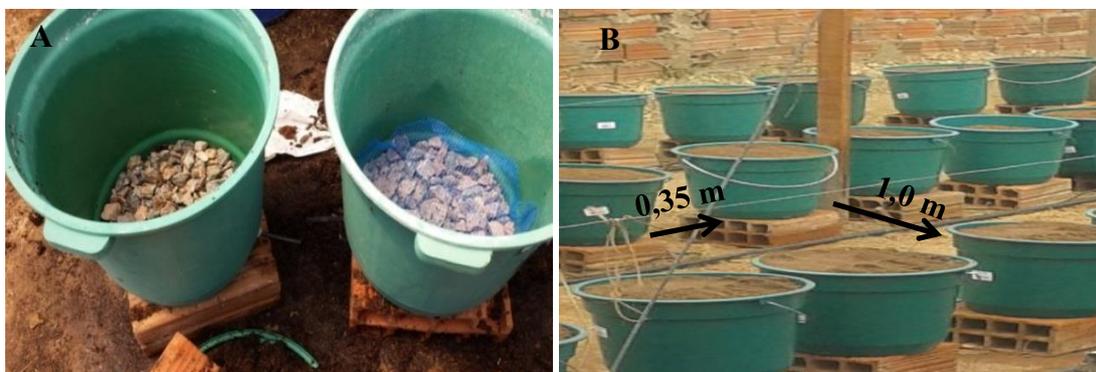


Fonte: Acervo da pesquisa

4.5.1.1 Unidade experimental

Cada unidade experimental foi composta por cinco vasos, esses tiveram a sua base perfurada e adicionada uma camada de 3 cm de brita nº 1 e tela de nylon de 2mm, (Figura 24A). Foi deixado um espaçamento de 0,35 m entre vasos e 1,0 m entre fileiras (Figura 24B).

Figura 24 - Preenchimento inicial dos vasos (A); Montagem do experimento (B)



Fonte: Acervo da pesquisa

4.5.1.2 Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos foram preparados com a utilização dos compostos orgânicos produzidos no primeiro experimento.

Inicialmente para cada composto produzido foi adicionado a mesma quantidade de substrato de fibra de coco, na proporção de 1:1.

Para facilitar a mistura utilizou-se uma caixa d'água de polietileno Brasilit de 500 L, usada como reservatório.

Para medir o volume de cada composto e fibra de coco, foi utilizado baldes de 8 L de capacidade (Figura 25).

Figura 25 - Demonstração da mistura do composto e substrato de fibra de coco



Fonte: Acervo da pesquisa

Assim, todos os compostos orgânicos produzidos no primeiro experimento foram combinados um a um com um substrato de fibra de coco, formando os tratamentos que foram utilizados nesse experimento (Tabela 9).

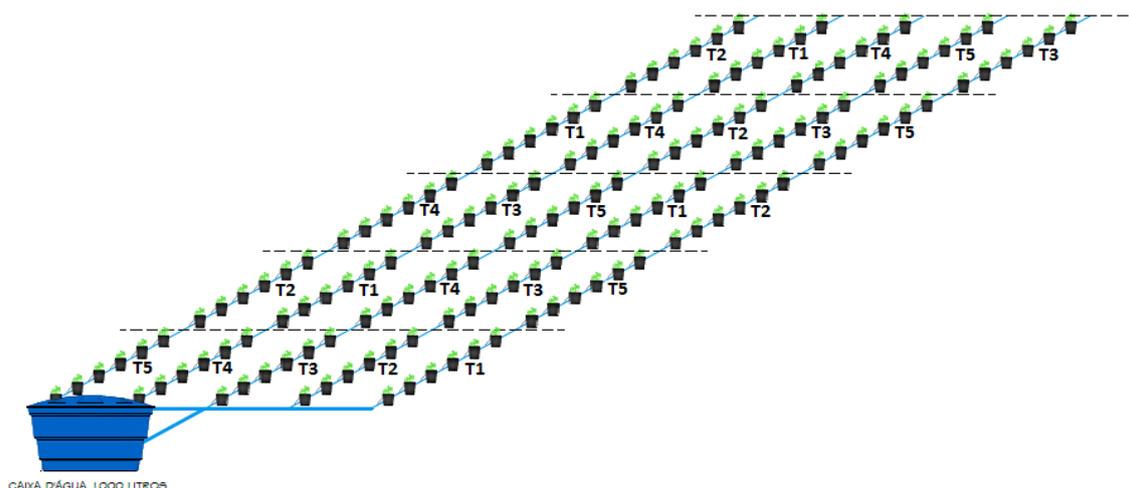
Tabela 9 – Proporção dos tratamentos utilizados no segundo experimento

TRATAMENTOS	FIBRA DE COCO	COMPOSTO
T1	50%	50% do CO1
T2	50%	50% do CO2
T3	50%	50% do CO3
T4	50%	50% do CO4
T5	50%	50% do CO5

Sendo que CO1, CO2, CO3, CO4 e CO5 consistiram na representação dos compostos orgânicos oriundos das pilhas 1, 2, 3, 4 e 5 respectivamente, produzidas a partir da compostagem observada no primeiro experimento. E T1, T2, T3, T4 e T5 foram às representações dos tratamentos do segundo experimento.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 5 tratamentos. Esses tratamentos foram aleatorizados em 5 blocos, totalizando 25 parcelas experimentais, com seis plantas por parcela, totalizando 150 plantas (Figura 26). Destas, apenas as 4 plantas centrais foram analisadas.

Figura 26 - Esquema da distribuição dos tratamentos do experimento no ambiente protegido



Fonte: Acervo da pesquisa

4.5.2 Plantio e condução da cultura

A produção das mudas deu-se a partir de sementes uniformes, provenientes de plantas orgânicas de boa qualidade. A semeadura ocorreu em bandejas de poliestireno, com 128 células, onde foi utilizado de 3 a 4 sementes do cultivar tomate cereja por célula, esses foram preenchidas com húmus de minhoca. As mudas foram irrigadas manualmente com água de abastecimento proveniente do poço da UFERSA, duas vezes ao dia, no período matutino (7:30h) e no final do dia (16:30h).

O desbaste foi realizado 10 dias após a semeadura deixando uma muda por célula. A semeadura foi realizada em estufa localizada na Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA – Mossoró/RN (Figura 27).

Figura 27 – Demonstração da produção das mudas de tomate cereja em células



Fonte: Acervo da pesquisa

Após 25 dias da sementeira foi realizado o transplante das mudas para vasos experimentais (Figura 28).

O transplante foi realizado no dia 31 do mês de maio do ano de 2016 (25 dias após a sementeira).

Figura 28 – Transplante das mudas do tomateiro

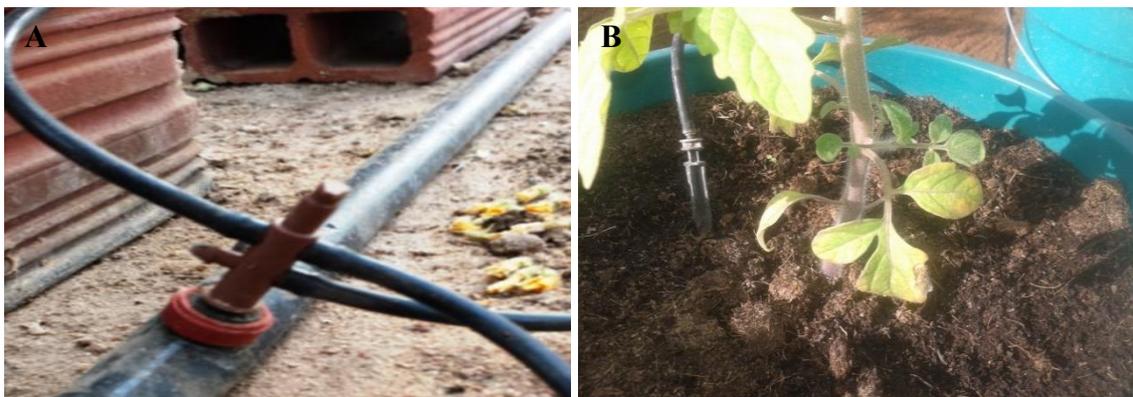


Fonte: Acervo da pesquisa

4.5.2.1 Irrigação

A irrigação foi realizada utilizando o sistema por gotejamento automatizado, composto por um timer, onde o tempo de irrigação era programado para duas aplicações diárias (manhã - 7:30h e tarde – 16:30h) e um botão gotejador autocompensante (2 L h^{-1}), onde foi instalada uma conexão com três mangueiras com haste emissora distribuindo-se para 3 plantas (Figura 29).

Figura 29 – Descrição do tipo de irrigação utilizada no experimento em vasos, implantado em casa de vegetação pertencente à UFERSA, localizada no município de Mossoró/RN, realizado em março de 2016, onde: botão gotejador (A) e haste emissora (B).



Fonte: Acervo da pesquisa

Com o objetivo de garantir a eficiência do sistema, foi instalado um filtro de disco após a saída da bomba e um manômetro, onde se ajustava a pressão ideal de trabalho dos gotejadores. O sistema era composto por uma bomba d'água periférica - FERRARI-IDB40BIV- 1/2 c.v. bivolt que, bombeava a água da caixa d'água de polietileno Brasilit de 1000 L, utilizada como reservatório (Figura 30).

Figura 30 – Composição do sistema de bombeamento da irrigação utilizada no experimento em vasos, na casa de vegetação pertencente à UFERSA, localizada no município de Mossoró/RN, realizado em março de 2016.



Fonte: Acervo da pesquisa

A irrigação foi realizada com água de abastecimento proveniente da UFERSA.

As características químicas das águas utilizadas no experimento encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10. Caracterização química da água utilizada para irrigação do experimento em vasos, na casa de vegetação pertencente à UFRSA - Mossoró/RN em 2016.

Fonte	CE (dS m ⁻¹)	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	RAS
		mmol _c L ⁻¹mg L ⁻¹		%
Água de poço	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; HCO₃⁻: Bicarbonato; RAS: Reação de Adsorção de Sódio.

Realizou-se o controle de pragas, pois os períodos secos favoreceram o aparecimento da mosca branca, e para que não ocorresse a infecção total das plantas pelo vírus transmitido pela mosca branca, esse controle foi realizado três vezes por semana, no final da tarde, com aplicação de inseticida natural de nim (*Azadirachta indica*). Segundo Viana et al. (2006), O nim atua sobre os insetos como repelente e antialimentar, interfere nos hormônios reguladores do crescimento, na metamorfose e na reprodução.

Semanalmente era feita capina e limpeza da estufa a fim de evitar a permanência de plantas e insetos indesejados.

Quando os tomateiros atingiram 60 centímetros foi realizado o tutoramento em haste única para evitar o contato dos ramos, flores e frutos com o solo e a possível quebra das plantas. O tutoramento foi realizado com uso de fitilho, esse foi fixado a dois arames (Figura 31). Optou-se por esse tipo de tutoramento devido ao menor custo e melhor arrançamento na área de plantio.

Figura 31- Demonstração do tutoramento realizado nos tomateiros do experimento em casa de vegetação pertencente à UFRSA, localizada no município de Mossoró/RN, realizado em março de 2016.



Fonte: acervo da pesquisa

4.5.2.2 Monitoramento climático no interior do ambiente protegido

O clima é um fator que influencia na produção de hortaliças, portanto foi imprescindível a realização do monitoramento climático da temperatura no interior da estufa. Assim, foi instalado na parte interna do ambiente protegido uma estação meteorológica tipo Irriplus E500 com o intuito de obter os dados relacionados a temperatura na estufa.

4.5.3 Coleta de dados

4.5.3.1 Características avaliadas na cultura

4.5.3.1.1 *Variáveis de crescimento*

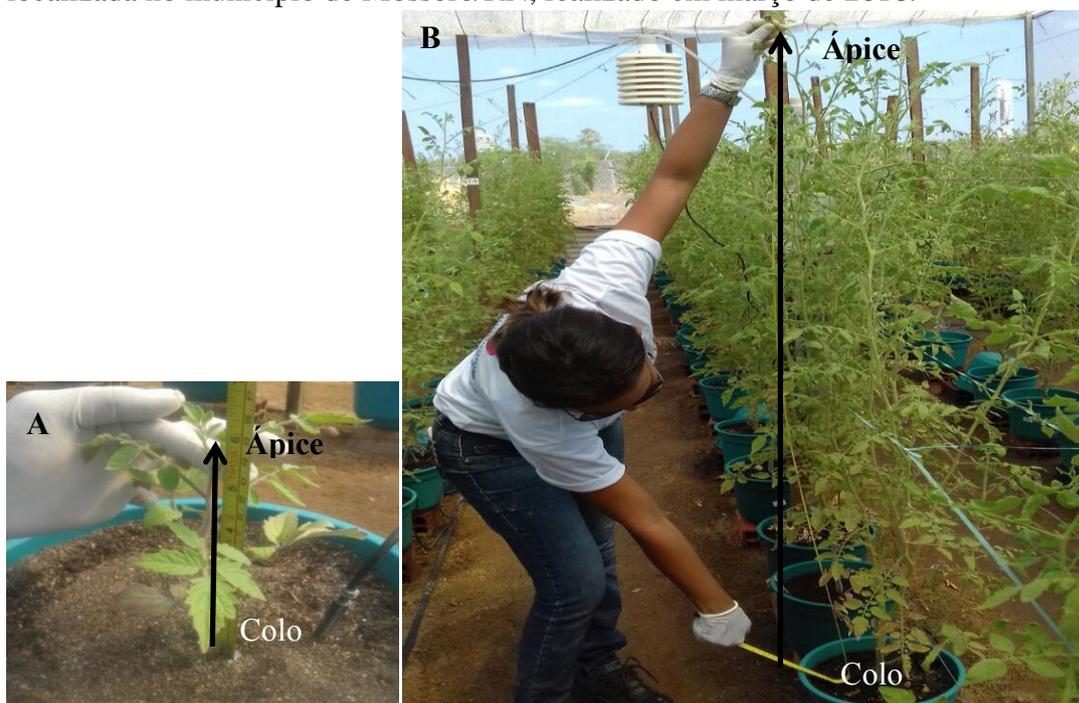
Para a avaliação do crescimento das plantas foi realizado o monitoramento quinzenal, onde foram obtidos os valores de crescimento em altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas.

a) Altura de plantas (AP)

A altura foi realizada com fita milimétrica, avaliando-se quatro plantas de cada parcela. Anotou-se a altura desde o colo ao ápice da planta.

Essa leitura foi realizada quinzenalmente, dos 15 aos 90 dias após o transplântio – DAT- (Figura 32).

Figura 32 – Demonstração da medida da altura: (A) início (15 DAT) e (B) 90 DAT, realizado nos tomateiros do experimento em casa de vegetação pertencente à UFERSA, localizada no município de Mossoró/RN, realizado em março de 2016.



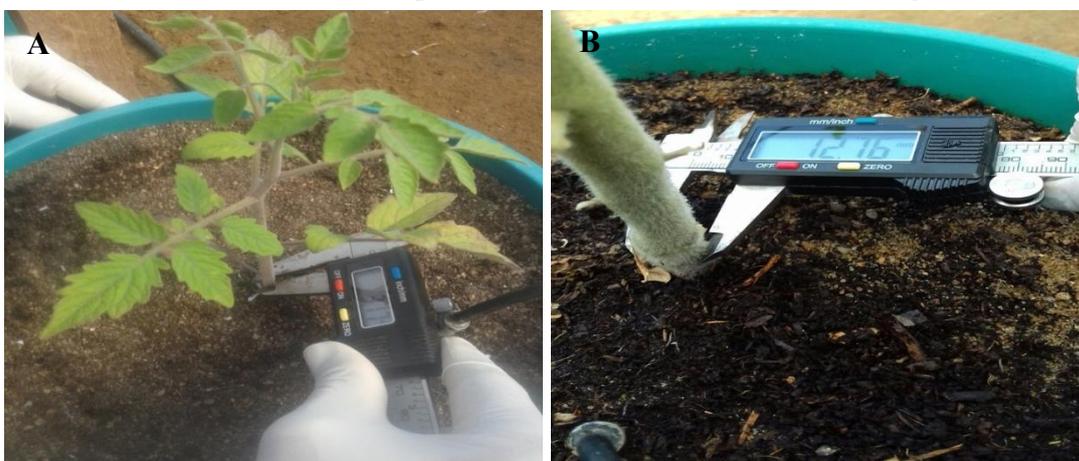
Fonte: Acervo da pesquisa

b) Diâmetro do caule

O diâmetro foi medido com uso de um paquímetro, avaliando-se quatro plantas de cada parcela. Anotou-se o diâmetro a 1 cm do canal de cultivo.

Essa leitura foi realizada quinzenalmente, dos 15 aos 90 DAT (Figura 33).

Figura 33 – Demonstração da medida do diâmetro do caule (A) 15 DAT e (B) 90 DAT, realizado nos tomateiros do experimento em casa de vegetação pertencente à UFERSA, localizada no município de Mossoró/RN, realizado em março de 2016.



Fonte: Acervo da pesquisa

c) Número de folhas

A contagem foi realizada usando as folhas do ramo principal, avaliando-se quatro plantas de cada parcela. A contagem foi realizada quinzenalmente, dos 15 aos 90 DAT.

4.5.3.1.2 *Análise de matéria fresca e seca*

A determinação de matéria fresca e seca foi realizada avaliando-se uma planta de cada parcela no final do ciclo (90 DAT). As plantas foram levadas ao LASAP para a separação das folhas, caules, raízes e frutos. Após a separação foram pesados, lavados em água corrente e destilada, acondicionados em sacos de papel e secos em estufa com circulação forçada de ar (65 °C até peso constante). Quando secos foram pesados novamente para fazer a relação de matéria fresca e matéria seca.

4.5.3.1.3 *Teores de macro e micronutrientes da folha*

A análise de macro e micronutrientes do tecido foliar foi realizado com as mesmas amostras separadas para fazer matéria fresca.

Depois da avaliação do peso seco, as amostras foram trituradas e armazenadas em recipientes plásticos até as realizações das análises.

As amostras trituradas foram utilizadas para avaliação do nitrogênio total (*item 4.1.1.3.5 – p. 57*) e posteriormente a quantificação dos nutrientes (*4.1.1.3.8– p. 62*).

4.5.3.1.4. *Teores de macro e micronutrientes do fruto*

As amostras utilizadas para as análises de macro e micronutrientes do fruto foram retiradas de quatro plantas de cada parcela. Os frutos não foram colhidos de uma única vez, com isso tiveram que ser armazenados em câmara de congelamento (-18°C) para preservar o produto. Com a quantidade significativa de frutos para a análise, esses foram levados a estufa até peso constante. Posteriormente as amostras foram trituradas

para avaliação do nitrogênio total (*item 4.1.1.3.5* – p. 57) e a quantificação dos macro e micronutrientes (*item 4.1.1.3.8* p. 62).

4.5.3.1.5 Variáveis pós-colheita e produção

As amostras utilizadas para as análises pós-colheita foram retiradas de quatro plantas de cada parcela.

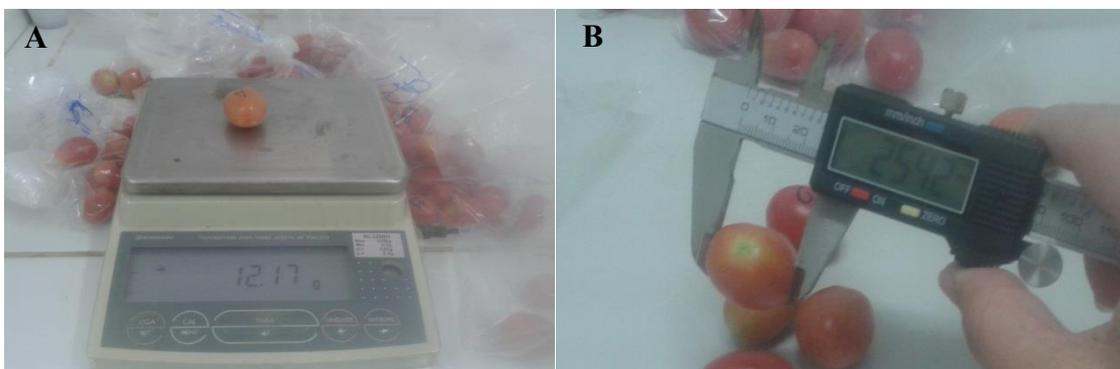
Os frutos não foram colhidos de uma única vez, com isso tiveram que ser armazenados em câmara de congelamento (-18⁰C) para preservar o produto. Os tomates foram colhidos, em média a cada cinco dias e de forma manual.

A primeira colheita foi por volta dos 65 DAT e a última aos 120 DAT, totalizando 16 colheitas.

As colheitas foram realizadas no período da manhã, e para o armazenamento dos frutos colhidos foram utilizados sacos plásticos de primeiro uso.

Cada fruto colhido foi pesado (Figura 34A) e verificado seu volume - diâmetro e altura - (Figura 34B). Os valores obtidos foram estimados para hectares.

Figura 34– Demonstração da medida do peso (A) e volume (B) do fruto obtido no experimento em casa de vegetação pertencente à UFERSA, localizada no município de Mossoró/RN, realizado em março de 2016.



Fonte: Acervo da pesquisa

Em seguida, os frutos foram lavados (água corrente e destilada) e secos em papel toalha. Parte desses frutos foram cortados, homogeneizados em liquidificador, acondicionadas em frascos estéreis com tampa e refrigerados para as análises de sólidos solúveis, pH e acidez total. Segue o procedimento para análises de sólidos solúveis, pH e acidez total, dos frutos de tomate homogeneizados em liquidificador.

a) Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis foi determinado através de um refratômetro digital modelo PR- 100 Pallete (AtagoCo, Japão), com compensação automática de temperatura (AOAC, 1990).

b) Acidez titulável e pH

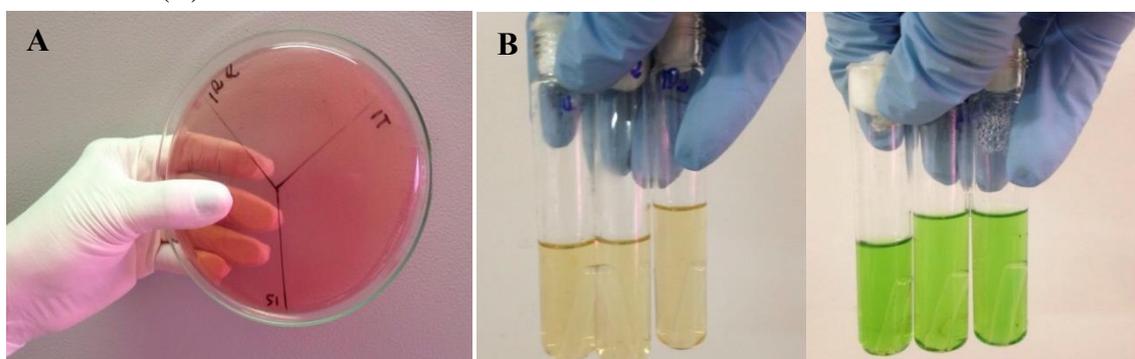
A acidez titulável foi determinada diluindo-se 1 g de polpa de 50 mL de água destilada, a qual foram adicionadas 3 gotas de fenolftaleína 1%. Em seguida, foi realizada a titulação até o 25 ponto de viragem com solução de NaOH (0,1 N), até coloração levemente rósea. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). O pH foi obtido submetendo o suco dos frutos de cada uma das parcelas a um potenciômetro (Mettler DL 12) com membrana de vidro, aferido com tampões de pH 7 e 4 (AOAC, 1992).

A outra parte dos frutos refrigerados foi utilizada para fazer análise microbiológica.

4.5.3.1.6 Análise microbiológica

A avaliação da qualidade microbiológica dos frutos do tomate cereja foi verificada através das análises de Salmonella, coliformes totais e coliformes termotolerantes (Figura 35), conforme o *item 4.1.1.3.9* (p. 67).

Figura 35 – Demonstração das análises microbiológicas: Salmonela (A) e coliformes (B)



Fonte: Acervo da pesquisa

4.6 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A interpretação dos resultados foi baseada em coletas realizadas durante e no estágio final do experimento. Os dados foram submetidos à análise estatística (ANOVA) ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico ASSISTAT 7.7 beta (SILVA, 2009), e em seguida os gráficos plotados utilizando o programa Microsoft Excel 2010.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PRIMEIRO EXPERIMENTO

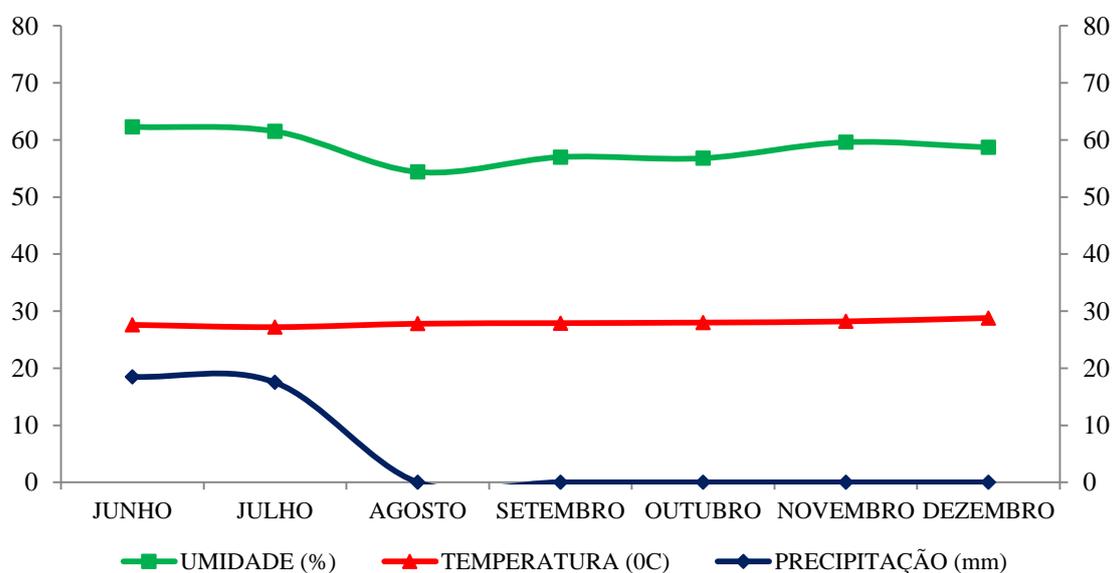
5.1.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DURANTE O EXPERIMENTO

As condições climáticas influenciam significativamente no processo de compostagem, de modo que elevada pluviosidade e alta temperatura interfere na qualidade dos compostos produzidos, bem como no aparecimento de pragas e doenças, como também, as condições de frio podem retardar o processo de compostagem.

Assim, o clima é fundamental para o desenvolvimento do processo de compostagem, os fatores climáticos como temperatura e umidade podem interferir de forma benéfica ou maléfica no desenvolvimento do processo. Portanto, foi essencial a observação desses fatores na condução da compostagem.

Os valores de precipitação, temperatura e umidade, foram registrados mensalmente, obtidos junto à estação meteorológica da UFERSA (Figura 36).

Figura 36 – Registro de precipitação, temperatura e umidade durante o processo de compostagem.



Fonte: UFERSA

Os valores de precipitação observados na Figura 36 mostram que, não houve nenhuma situação onde a quantidade de chuva pudesse ter interferido no processo de

compostagem, foi verificado que, durante os meses da realização do processo de compostagem houve baixa precipitação, essa só sobreveio nos meses de junho e julho (18,5 e 17,5 mm respectivamente). Os demais meses, referentes ao período do experimento, não foi registrada ocorrência de precipitação, deste modo, essa variação climática não prejudicou a degradação da matéria orgânica, e, portanto, o processo de compostagem. Esse feito ainda pode ser confirmado notando os resultados dos valores de umidade relativa do ar, os quais se apresentaram em torno de 54 a 67%.

As temperaturas climáticas registradas durante o período do experimento mostraram dias quentes, de aproximadamente 30 °C. Esses dias quentes podem ter influenciado diretamente nas temperaturas das pilhas de compostagem, já que as mesmas estavam expostas ao meio e, portanto, as trocas térmicas tornaram-se inevitáveis.

5.1.2 MONITORAMENTO DE PARÂMETROS NAS PILHAS DE COMPOSTAGEM

5.1.2.1 Temperatura

A temperatura no processo de compostagem, de acordo com Rebolledo et al. (2008), é o principal fator que determinará a sucessão das populações microbianas e sua representatividade nas fases de degradação, sendo elas a mesofílica e a termofílica. E ainda, esse parâmetro pode ser usado também como referencial de indicação da evolução e qualidade do processo. Corroborando com esse contexto, Sousa Junior (2011) afirma que, a temperatura é diretamente afetada pela taxa de aeração, podendo ser usada como um parâmetro para indicar a taxa de decomposição e a maturidade do composto. Heck et al. (2013) garante que, a evolução do processo de compostagem é conduzida por fatores limitantes do mesmo, sendo a temperatura um dos mais importantes.

As faixas de temperatura que definem a predominância de determinados grupos de organismos podem ser classificadas em: criófilas (temperatura ambiente), mesófilas (até 55 °C) e termófilas (acima de 55 °C). Na primeira fase e na última do processo atuam temperaturas mesofílicas: 30- 45 °C. Na fase intermediária (segunda fase), atuam temperaturas termofílicas 45- 65 °C, e na fase final as temperaturas se aproximam á ambiente, predominando a temperatura criófila (PIRES, 2011).

Nesse contexto, analisando a Figura 37, observam-se faixas pontilhadas que referenciam temperaturas ideais durante o processo. Comparando os resultados de temperatura em todas as pilhas com a faixa referência verificaram-se muitas oscilações durante todo o processo de compostagem. Em geral, as temperaturas médias das pilhas de compostagem variaram entre 35 °C no início do processo, alcançando a temperatura de no máximo 65 °C durante a fase termofílica e retornando ao valor inicial de 35 °C no final do processo.

Observa-se na Figura 37 que, as pilhas 1 e 2 apresentaram resultados semelhantes nos primeiros dias de compostagem demonstrando temperaturas iniciais de 40 a 50 °C. Esse comportamento, de acordo com Bernardi (2011), é satisfatório, pois, o sistema em processo de compostagem deve atingir temperaturas de 40 a 60 °C nos primeiros dias de atividade, esses valores são indicadores de condições satisfatórias de equilíbrio de nutrientes. Contudo, a pilha 1 passou mais rápido para a fase de semi-maturação, onde praticamente não ocorreu a fase mesofílica, atingindo valores de temperatura que caracteriza a faixa termofílica logo nos primeiros dias do processo de compostagem, isso desencadeou um aumento na velocidade de degradação e a eliminação de bactérias patogênicas (PEREIRA NETO, 2007). Isso provavelmente pode ter ocorrido devido o armazenamento dos resíduos orgânicos, uma vez que os restos de comida adquiridos para a construção dessa pilha não foram conservados em freezer, ficaram por um período de três dias em sacos para serem utilizados. Segundo Sousa Junior (2011), isso elevou a quantidade de microrganismos responsáveis pelo processo, fazendo com que praticamente não fosse observada a ocorrência da fase mesofílica (1ª fase) antes da fase termofílica (2ª fase). O aumento de temperatura, com a eliminação de microrganismos patogênicos, também foi observado por Brito et al. (2010), numa compostagem da fração sólida do chorume com palha ou tojo. Esse autor observou que, a temperatura aumentou no tratamento só com a fração sólida do chorume até à temperatura máxima diária de 65 °C, após o primeiro revolvimento. No entanto, temperaturas máximas foram registadas mais cedo e foram mais elevadas nas pilhas com mistura de palha ou de tojo, alcançando-se, respectivamente, temperaturas de 68 °C ao 7º dia e 74 °C numa pilha com tojo ao 3º dia de compostagem.

Já na pilha 2, foi observado que as temperaturas máximas não ultrapassaram os 55 °C, e essa temperatura termófila só foi atingida depois dos 30 primeiros dias do início da compostagem. Resultados semelhantes foram encontrados por Brito (2008) em pesquisa de compostagem em pequena escala de resíduos urbanos, constatou picos de

temperatura entre 48 a 56 °C. O fato da temperatura não se elevar, de acordo com Kiehl (1998), não indica a ausência de degradação da matéria orgânica, o que ocorreu, de acordo com o autor, foi apenas o processo lento de degradação dos resíduos, visto que altas temperaturas estão associadas à elevação da atividade microbiana. Segundo Heck et al. (2013), o aumento da temperatura durante o processo de compostagem é consequência apenas do metabolismo de decomposição microbiana, podendo ser considerado como um parâmetro de eficiência do processo de degradação.

A pilha 2 (com 20% de esterco) foi semelhante à testemunha (pilha 4 com 30% de esterco), quanto à apresentação de temperaturas baixas em todo o processo, não atingindo valores superiores a 55 °C, esse ocorrido pode estar associado a condições desfavoráveis à atividade microbiana, já que os resíduos que foram utilizados na construção dessas pilhas estavam bastante secos e mesmo irrigações periódicas não foram suficientes para elevar a temperatura acima de a 55 °C, inibindo a atividade microbiana, uma vez que a água é essencial para qualquer processo biológico devido o metabolismo dos microrganismos.

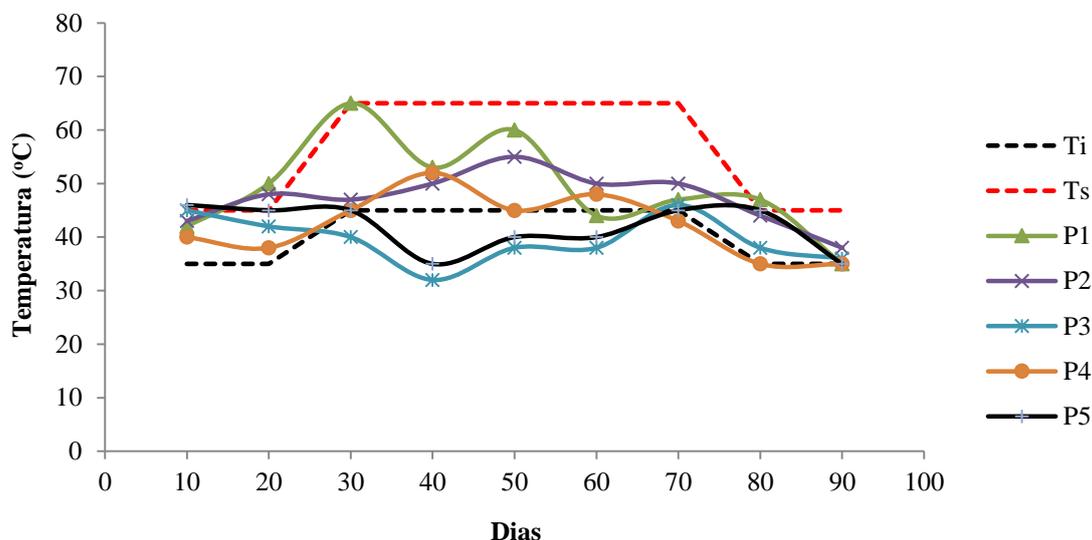
As pilhas construídas com quantidades superiores de resíduos alimentares, P3 (20% de restos de comida- RC) e P4 (30% de RC), não se comportaram como as demais, apresentaram temperaturas bem inferiores no início da compostagem, onde foram decrescendo no decorrer do processo e só atingiu valores mais elevados depois dos 70 dias de compostagem, isso provavelmente aconteceu devido ao material orgânico incorporado que estava refrigerado (restos de alimentos congelados), elevando a umidade e conseqüentemente baixando a temperatura, logo, foram registrados intensos períodos de umidade e temperaturas inferiores. Resultados semelhantes foram encontrados por Heck et al. (2013), quando analisavam a temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final, verificaram alterações acentuadas de temperatura entre as coletas 6 e 7, onde as temperaturas decresceram de 46 para 24 °C, tal decréscimo foi atribuído a intensa precipitação ocorrida no local e nos dias anteriores à coleta influenciando no aumento da umidade e conseqüentemente na diminuição da temperatura.

Pode-se inferir que, a umidade e/ou aeração são fatores que estão intimamente relacionados com a temperatura, portanto, os parâmetros têm que estar em equilíbrio.

Apesar das diferentes variações de temperatura apresentadas por cada pilha (Figura 37), todas no final do processo de compostagem (degradação da matéria orgânica), apresentaram temperaturas próximas à do ambiente, predominando as

temperaturas criófilas. Vale ressaltar que, o tempo gasto para cada composto atingir a maturação, foi praticamente igual, a diferença entre algumas dessas pilhas foram de, no máximo, 9 dias.

Figura 37 – Variação da temperatura nas cinco pilhas durante o processo de compostagem



Ti = temperatura inferior; Ts = temperatura superior; P1(15% E e 15% RC); P2 (20% E e 10% RC); P3 (10% E e 20% RC); P4 (30% E); P5 (30% RC).

5.1.2.2 Umidade

A faixa de umidade ótima para se obter um máximo de decomposição está entre 40 a 60% (PEREIRA NETO, 2007). Umidade em excesso induz a água a ocupar os espaços vazios deslocando o ar, contido nesses espaços, provocando a diminuição na aeração. Essa ocorrência diminui a atividade dos microrganismos, onde provoca o retardo no processo da compostagem.

É possível observar na Figura 38, faixas pontilhadas que demonstram as umidades superiores (Us) e umidades inferiores (Ui), conforme definição de Pereira Neto (2007). Nesse contexto, foi realizada a comparação das cinco pilhas de compostagem. Sendo assim, pode-se inferir que, sucederam muitas variações com relação à umidade em todas as cinco pilhas em quase todo o processo. Essas oscilações, possivelmente ocorreram devido a evaporações que aconteceram durante o processo, onde desencadearam modificações nas temperaturas (observadas na Figura 37), e também devido ao material incorporado, uns bastante secos e outros bastante úmidos.

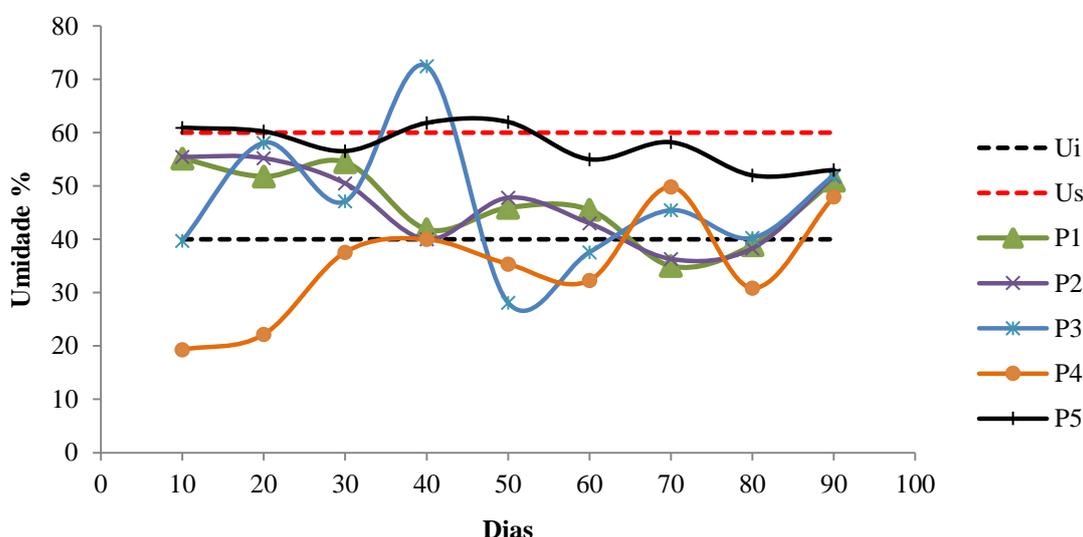
Pode-se notar (Figura 38) que, apesar das oscilações, as pilhas 1 (15% E e 15% RC) e pilha 2 (20% E e 10% RC) tiveram um comportamento bem semelhante e se mantiveram na faixa ótima de umidade durante quase todo o processo de compostagem. Embora, se tenha observado uma queda de umidade significativa nessas duas pilhas, aproximadamente aos 40 e depois aos 70 dias do processo que provavelmente ocorreu devido à redução no tamanho das mesmas, provocando a degradação da matéria orgânica e, portanto, uma perda de umidade. Esse comportamento foi superado com irrigações periódicas, o que elevou a umidade a aproximadamente 55% no final do ciclo. De acordo com Pereira Neto (2007), a umidade de 55% é considerada ideal para o balanço final, uma vez que impede a ocupação dos espaços vazios pela água.

As pilhas P3 (30% RC) e a testemunha – P4 (30% E) apresentaram maiores oscilações durante todo o processo, sendo que, os resultados da P3 evidenciaram valores elevados de umidade, enquanto a testemunha, valores baixos. Os valores elevados de P3 podem estar associados à incorporação dos resíduos orgânicos que, antes de serem acrescentados foram refrigerados. Além disso, Sousa Junior (2011) afirma que, os resíduos orgânicos já possuem um alto teor de umidade. Assim, os resíduos vegetais (podas de árvores) incorporados às pilhas para equilibrar a umidade não foram suficientes para mantê-la nos patamares desejados. Os valores elevados de umidade podem também ter relação com as temperaturas observadas nessa pilha, que se mantiveram com valores baixos praticamente durante todo o processo de compostagem. Esse acontecido pode ter influenciado na liberação de odores, observado nessa pilha, que pode ter ocorrido por falta de oxigenação. Corroborando com esses resultados, Pedrosa et al. (2013) relatou que, casos aonde a umidade é muito elevada podem ocorrer a redução da disponibilidade de oxigênio, fazendo com que se desenvolva um processo de decomposição anaeróbia dos materiais orgânicos podendo ocasionar a emissão de odores desagradáveis e perdas de nutrientes. Porém, para Caetano (2014), altas umidades e baixas temperaturas não podem ser associadas a processos anaeróbios, os quais devem ser característicos de baixas temperaturas e da ausência ou valores reduzidos de oxigênio disponível.

Observou-se ainda que, a pilha 3 apresentou uma queda significativa na umidade depois dos 40 dias de compostagem, essa diminuição provavelmente tenha ocorrido devido ao aumento da temperatura no interior da pilha, pois, segundo Cerri et al. (2008), é necessário controlar as temperaturas com umidade e aeração mantendo níveis desejados para que ocorra uma melhor decomposição.

A pilha testemunha (30% E), como dito anteriormente, teve um comportamento contrário à pilha 3, no sentido de apresentar valores baixos de umidade em quase todo o processo de compostagem. Isso possivelmente ocorreu devido ao material incorporado que estava bastante seco (podas de árvore e esterco). Como não foi incorporado nessa pilha nenhum resíduo para equilibrar os teores de umidade, a irrigação periódica não foi suficiente para compensar a perda, mantendo valores inferiores aos especificados como ótimos para se obter um máximo de decomposição no processo de compostagem. Portanto, a umidade baixa pode ter influenciado no processo de degradação, além de ter sido responsável por um desprendimento de grande quantidade de material particulado observado com o revolvimento dessa pilha.

Figura 38 – Variação da umidade nas cinco pilhas durante o processo de compostagem



Ui = umidade inferior; Us = umidade superior; P1(15% E e 15% RC); P2 (20% E e 10% RC); P3 (10% E e 20% RC); P4 (30% E); P5 (30% RC).

Já na pilha 5 (30% RC) constatou-se uma umidade desde o início do processo, sempre elevada e que se manteve até o final do experimento. Isso provavelmente ocorreu devido à incorporação dos resíduos orgânicos, uma vez que esses por si já possuem um alto teor de umidade (60 – 80%), e, além disso, ainda foram refrigerados por um tempo de 10 dias antes de serem incorporados à pilha. A refrigeração foi imprescindível devido à necessidade de incorporar grandes quantidades de RC, e para não ocorrer à decomposição microbiana antes do acréscimo, os resíduos foram mantidos em frizzer até sua utilização. Entretanto, isso desencadeou uma diminuição na temperatura além de desprendimento de odores por falta de oxigenação.

5.1.2.3 Potencial hidrogeniônico - pH

A Figura 39 mostra os resultados das análises de pH feitas nas cinco pilhas durante o experimento. Verificam-se primeiramente faixas pontilhadas representando os intervalos de amplitude de pH, indicando os valores de potencial hidrogeniônico que o composto deve apresentar no decorrer do processo, pois sabe-se que, para os microrganismos se desenvolverem, no processo de compostagem, necessitam de uma faixa ideal de pH, e essa faixa ótima desencadeia um processo sem retardo devido ao tempo ideal da degradação da matéria orgânica e então decomposição microbiana. Assim, à medida que os fungos e as bactérias digerem a matéria orgânica, deixam o meio ácido. Contudo, mesmo os compostos apresentando pH baixos durante o processo, esses tendem a se ajustar no decorrer da compostagem, uma vez que essa técnica tem a habilidade de neutralizar altos e baixos valores de pH durante o processo, isso se deve a formação de um ácido fraco (CO_2) e uma base fraca (NH_3), portanto é difícil encontrar um processo de compostagem que não esteja na faixa de 5.0 a 8.5 (HAUG, 1993; SOUZA JUNIOR, 2011).

Apesar de pesquisas discordarem quanto ao valor do pH durante o processo de compostagem, pois umas afirmam que esse varia de 6,5 a 8,0 e outras indicam que a compostagem pode ser desenvolvida numa faixa bem ampla de pH, entre 4,5 e 9,0 (SUNDBERG et al., 2004; PEREIRA NETO, 2007), a divergência não se torna um problema, já que durante a compostagem ocorrem inúmeras reações químicas que irão regular a basicidade gerando um produto final com pH entre 7.0 e 9.5 (SOUZA JUNIOR, 2011).

Sendo assim, foi notado que todas as pilhas respeitaram a faixa de pH no decorrer do processo, apresentando valores entre 6,0 e 7,5, mostrando um comportamento similar para todas as pilhas. Sendo que, no início da compostagem o pH foi ligeiramente ácido para todas as pilhas, variando de 5,5 a 6,7, isso possivelmente aconteceu devido reações realizadas por fungos e bactérias que ao digerirem a matéria orgânica liberaram ácidos, acidificando o meio (BRITO et al., 2008). O parâmetro pH baixo (ligeiramente ácido) no início do processo e ao longo do mesmo tornando-se alcalino, foi observado também por Heck et al. (2013), quando verificaram a temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final, registraram os menores valores de pH, entre 6,7 e 6,9, atribuíram esse feito ao intenso processo de decomposição de moléculas simples

com produção de ácidos orgânicos. Corroborando com o ocorrido, Valente et al. (2009), afirma que, ainda no início da decomposição ocorre à formação de ácidos orgânicos e a incorporação de carbono orgânico ao protoplasma celular microbiano, o que torna o meio ácido.

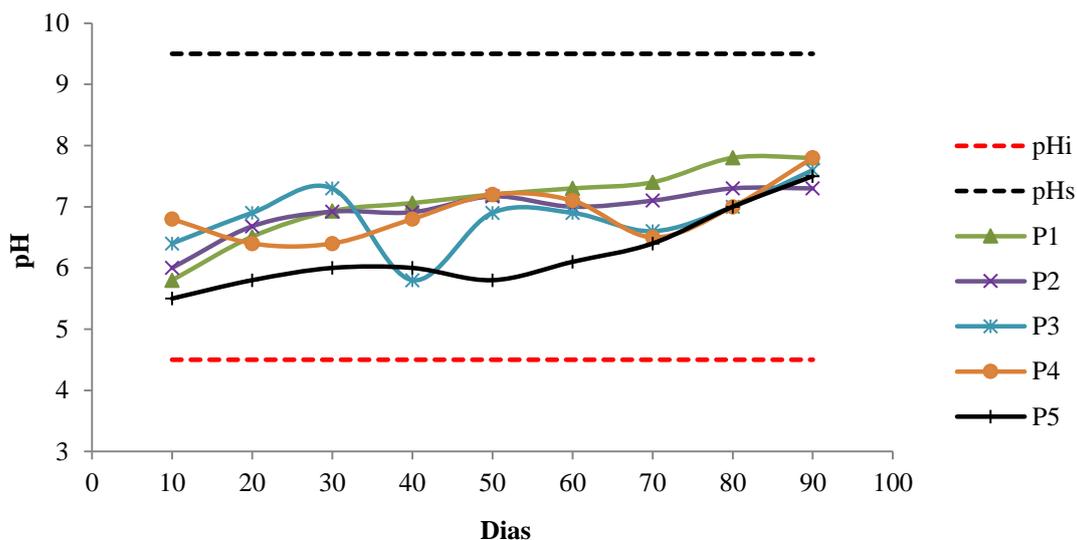
Ainda com relação à acidez no início da compostagem, Jimenez e Garcia (1989) indicaram que, durante as primeiras horas de compostagem o pH decresce até valores de aproximadamente 5.0, e posteriormente aumenta de modo gradual com a evolução do processo de compostagem e estabilização do composto alcançando finalmente, valores entre 7 e 8. Nesse contexto, Silva (2008) lembra que, a matéria orgânica de origem vegetal e animal tem sua decomposição num pH ácido. Em razão disso o início da decomposição é de reação ácida.

Na Figura 39 observa-se que as pilhas P3 e P5 (construídas com quantidades superiores de RC), foram semelhantes à testemunha (P4) mostrando as maiores oscilações no pH quando comparadas às pilhas 1 e 2.

E ainda, P3 e P5 foram semelhantes à testemunha mostraram valores de pH mais baixos em vários pontos no transcorrer do processo de compostagem. Essas variações provavelmente ocorreram devido á balanços de umidade e temperatura que as mesmas apresentaram durante o processo, pois, tanto a escassez quanto o excesso de água são importantes na atuação da atividade microbiana. Segundo França et al., (2014) com tratamento de resíduos orgânicos provenientes de restaurante universitário em decomposição biológica monitorada verificaram que, valores baixos de pH são indicativos de falta de maturação devido à curta duração do processo ou à ocorrência de processos anaeróbios no interior da pilha em compostagem.

Apesar das oscilações, na fase final, a partir dos 70 dias do início do processo, todas as pilhas mostraram um aumento gradativo de valores de potencial hidrogeniônico (Figura 39), isso foi devido a evolução do processo de compostagem e estabilização do composto, alcançaram finalmente valores entre 7 e 8. Resultados semelhantes foram encontrados por Heck et al. (2013), onde os valores do pH aumentaram (demonstrando um composto ligeiramente alcalino) ao decorrer do processo, atingindo o valor máximo de 8,37 e retornando a pH 7,5 no estágio de maturação do composto. Os valores finais com o pH alcalino confirmam o composto orgânico como sendo um artifício na correção de solos ácidos (PEREIRA NETO, 2007).

Figura 39 – Variação do pH nas cinco pilhas durante o processo de compostagem



pHi = pH inferior; pH_s = pH superior; P1(15% E e 15% RC); P2 (20% E e 10% RC); P3 (10% E e 20% RC); P4 (30% E); P5 (30% RC).

5.1.2.4 Carbono Orgânico Total (COT)

A Figura 40 permite visualizar os resultados das análises de Carbono Orgânico Total (COT) em quatro coletas realizadas durante o processo de compostagem para as cinco pilhas. Observam-se quantidades de COT mais elevadas no início do processo, que podem estar associados à composição das pilhas constituídas principalmente de restos de animal e vegetal (materiais extremamente ricos em matéria orgânica que contribuem significativamente para o aumento do estoque de carbono) consequentemente, a quantidade de carbono orgânico total no início da compostagem é alta, e decresce com o passar do tempo devido à metabolização.

No entanto, durante todo o processo, as quantidades de COT das cinco pilhas de compostagem diminuem gradativamente, sofrendo uma redução significativa em todas as pilhas até a fase final (maturação do composto). A explicação para esse comportamento pode estar associada ao processo de transformação dos resíduos utilizados (provocados pelos microrganismos - fungos e bactérias), em materiais orgânicos que estarão disponíveis para as plantas através dos compostos orgânicos formados. Contudo, de acordo com Kiehl (1998), esta redução ocorre devido à metabolização da matéria orgânica realizada pela atividade microbiana. Sendo assim, os microrganismos que se alimentam da matéria orgânica são especialmente importantes para determinarem a qualidade e a quantidade dessa matéria que, disponibilizará

nutrientes para as culturas, bem como a capacidade de troca catiônica e a complexação de elementos considerados tóxicos (BAYER e MIELNICZUK, 2008; MALAVOLTA, 2000).

É na quantidade de matéria orgânica que se encontra, além dos nutrientes, o aporte de carbono orgânico que pode estar disponível (forma lábil) ou não disponível (não lábil).

Notou-se uma diferença nos valores de COT entre as cinco pilhas, essa alteração pode ter sido consequência da diversidade de materiais utilizados em cada pilha. Corroborando com esse feito, Silva (2005) enfatiza que, podem ocorrer diferenças significativas observadas entre os compostos avaliados nas diferentes fases de amostragem, a composição dos materiais que constituem uma mistura, tem influência marcante na evolução do processo de compostagem.

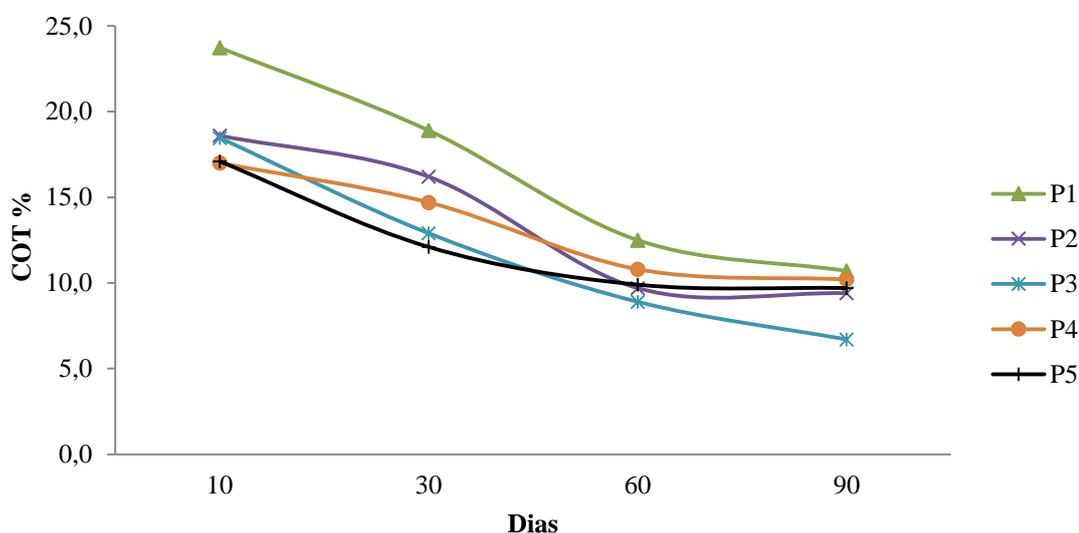
Pode observar ainda que, desde o início do processo, P1 (15% E e 15% RC) apresentou um diferencial no aporte de COT, se prolongando até a fase final, possivelmente a rápida atuação da atividade microbiana proporcionou um aumento na velocidade de degradação da matéria orgânica desencadeando esse aumento de carbono orgânico total. Pode-se articular também que a diversidade de resíduos orgânicos domiciliares que foram acrescidos a essa pilha influenciou no aporte de COT. Fato semelhante também foi observado por Silva et al. (2009), quando verificaram a transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas durante a compostagem de resíduos vegetais, constataram que, ao final do processo de compostagem, um dos tratamentos que proporcionou maior COT foi o que apresentou maior diversidade de materiais na composição da pilha. Portanto, entende-se que, quanto mais diversificados forem os resíduos orgânicos ou materiais utilizados no processo de compostagem, maior será a quantidade de nutriente, e conseqüentemente, de carbono.

Decréscimos na quantidade de COT foram notados por Huang et al. (2006), quando avaliaram alguns parâmetros físico-químicos com a compostagem de esterco suínos. Corroborando com esses autores, Caetano (2014) ressalta, com a observação dos micro-organismos eficientes na compostagem de palha de cana-de-açúcar e esterco bovino que, no processo de compostagem a degradação da matéria orgânica leva a redução do carbono orgânico. Esse autor observou o comportamento da porcentagem de COT em massa de compostagem para quatro tratamentos ao longo do processo de compostagem e verificou que, de modo geral, todos os tratamentos apresentaram redução da massa de carbono nos compostos. Resultados semelhantes foram

apresentados nos trabalhos de Dores-Silva et al. (2013), com processos de estabilização de resíduos orgânicos de vermicompostagem e compostagem, notaram que o COT diminuiu após esses processos em todas as matrizes estudadas. Sbizzaro (2013), na caracterização microbiana de compostagem de palha de cana-de-açúcar e esterco bovino, constatou valor de 8,7% na redução de carbono.

A Figura 40 mostra que P3 (10% E e 20% RC), entre 50 e 60 dias, sofreu um decréscimo mais significativo, no teor de COT, quando comparada com as demais, consequência provavelmente de variações na umidade e temperatura constatada nessa pilha, uma vez que esses parâmetros são fundamentais para os microrganismos encontrarem condições ideais para seu desenvolvimento.

Figura 40 – Variação do COT nas cinco pilhas durante o processo de compostagem



P1(15% E e 15% RC); P2 (20% E e 10% RC); P3 (10% E e 20% RC); P4 (30% E); P5 (30% RC).

As maiores oscilações no COT foram observadas na pilha testemunha – P4 (30% E) e em P5 (30% de RC), porém, essa ocorrência não foi suficiente para ocasionar desordens na quantidade de carbono orgânico total, pois, a porcentagem de COT era reduzida na medida em que os microrganismos se alimentavam do material devido à decomposição da matéria orgânica proporcionando um decréscimo na quantidade de carbono orgânico total.

Assim, pode-se deduzir que, a degradação da matéria orgânica leva à redução do carbono orgânico total.

5.1.2.5 Nitrogênio Total (NT)

Mais um parâmetro avaliado durante o processo de compostagem foi à degradação do nitrogênio orgânico através da determinação do nitrogênio total de Kjeldahl. De acordo com Sousa Junior (2011), a presença do nitrogênio no composto orgânico final está relacionada com os resíduos orgânicos domiciliares. Para uma melhor compreensão, Cerri et al. (2008) afirma que, os materiais aproveitados para um processo de compostagem podem ser separados em duas classes: materiais ricos em carbono e materiais ricos em nitrogênio, dentre os materiais ricos em carbono podem ser citados os lenhosos como a casca de árvores, as aparas de madeira, as podas dos jardins, folhas e galhos das árvores, palhas, fenos e papel. Entre os materiais nitrogenados incluem-se as folhas verdes, estrumes animais, urinas, solo, restos de vegetais hortícolas, erva, etc.

Deste modo, com relação à evolução do nitrogênio orgânico e os dias de compostagem, as cinco pilhas apresentaram resultados semelhantes evidenciando um decréscimo, de modo geral, em todas as pilhas nos 30 primeiros dias de compostagem (Figura 41). Essa queda, de acordo com Souza Junior (2011), pode ser consequência do crescimento de microrganismos nitrificadores que transformam o nitrogênio amoniacal em nitrito e nitrato, que não foram medidos no presente estudo, devido à limitação do método utilizado para determinar o nitrogênio, pois essa metodologia não referencia as concentrações de nitrato e nitrito presentes no processo (HAUG, 1993). Essa redução foi confirmada por Pedrosa et al. (2013), quando monitoravam parâmetros físico-químicos na compostagem de resíduos agroindustriais observaram no início do processo que a mistura inicial dos materiais orgânicos apresentou um teor de nitrogênio total igual a 0,94%, enquanto que a mistura final, apresentou teor igual a 0,20%, indicando que houve uma redução de 21,3% no teor de nitrogênio total durante a compostagem.

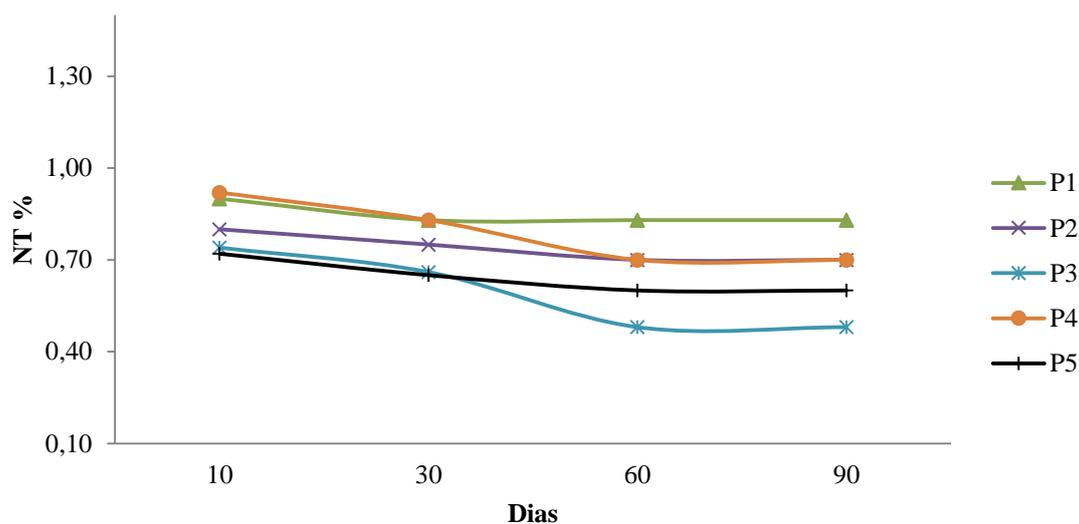
As pilhas P1 (15% de E e 15% RC) e P2 (20% E e 10% RC) apresentaram poucas perdas de nitrogênio que foram notadas nos primeiros 30 dias. Já as maiores perdas, foram verificadas em P3 (10% E e 20% RC), e na testemunha – P4 (30% E) e V (30% RC) durante os primeiros 60 dias, isso provavelmente aconteceu devido à variações de temperatura e umidade observadas nessas pilhas no decorrer do processo. Para Conceição (2012), as perdas de nitrogênio durante o processo de compostagem, podem aumentar ou diminuir, conforme a oscilação da temperatura e a intensidade com que se realizam as trocas gasosas com o exterior. Essa autora ainda adverte que as

variação no nitrogênio provoca uma mudança na relação C/N, na medida em que se aumenta o nitrogênio, ocorre à diminuição da relação carbono e nitrogênio.

Contudo, depois dos 60 dias, a quantidade de NT permaneceu constante em todas as pilhas, possivelmente isso aconteceu devido as trocas gasosas do carbono - durante o processo de oxidação a CO₂ - superarem às perdas de nitrogênio em relação ao consumo desse nutriente pela população microbiana.

Vale ressaltar que, o valor mais elevado de nitrogênio no início do processo de compostagem, foi verificado na pilha testemunha – P4 (30% E), que provavelmente foi consequência da adição de uma quantidade significativa de esterco bovino. Estudos realizados por Santos e Nogueira (2012) ressaltam a disponibilidade de nutrientes do esterco bovino, sendo que em sua constituição, cerca de 40% da massa são de nitrogênio, 15% de fósforo e 32% de potássio.

Figura 41 – Variação do NT nas cinco pilhas durante o processo de compostagem



P1(15% E e 15% RC); P2 (20% E e 10% RC); P3 (10% E e 20% RC); P4 (30% E); P5 (30% RC).

5.1.2.6 Relação Carbono/Nitrogênio (C/N)

A relação C/N é um parâmetro considerado extremamente importante para verificar a eficiência do processo de compostagem, além de inferir na qualidade do composto que será utilizado como adubo (ZHU, 2007). De acordo com Sardá (2010), para que se alcance uma relação C/N considerada ideal (aproximadamente ≤ 20), no final do processo de compostagem é necessário que se aumente o teor de carbono

orgânico, isso facilitará o desenvolvimento dos microrganismos termofílicos, os quais são responsáveis pelo aumento das temperaturas e a rapidez do processo de degradação dos resíduos orgânicos. Conforme Pereira Neto (2007), para uma alta eficiência nos processos de compostagem, a literatura apresenta como valor ótimo uma relação C/N variando em torno de 25/1 a 35/1, já para o composto semicurado ou bioestabilizado essa relação varia de 18/1 e 8/1 a 12/1 para composto humificado.

Com relação a esse parâmetro, considerado fundamental na humificação dos compostos orgânicos, verificou-se (Figura 42) que, a relação C/N em todas as pilhas decresceu no decorrer do processo da compostagem. No entanto, o resultado no início do processo não é o mesmo para todas as pilhas, isso possivelmente aconteceu devido à variedade de resíduos orgânicos utilizados em cada pilha. É o que foi verificado em estudos realizados por Sousa Júnior (2011), desenvolvendo e gerenciando a compostagem de resíduos sólidos urbanos, observou uma relação de C/N igual a 32/1 no início do experimento, e esse valor foi o mesmo para todas as três pilhas construídas, visto que foram utilizados os mesmos tipos de resíduos. Os trabalhos de Kianirad et al. (2010) e Caetano (2014), apresentaram tal desempenho com relação à diminuição da relação C/N durante o processo de compostagem.

Na Figura 42 é mostrado que, no início da compostagem a pilha 1 (15% E e 15% RC) apresentou a maior relação C/N, comparecendo com um valor aproximado de 26/1. E ainda, foi notado que, essa pilha manteve a relação C/N alta até aproximadamente 40 dias do processo. Esse valor elevado pode ter sido influenciado pelo desenvolvimento acelerado dos microrganismos responsáveis pela elevação da temperatura e degradação dos resíduos orgânicos, o que conferiu a pilha uma rápida passagem para a fase de maturação, esse feito desencadeou valores mais elevados nos teores de COT até o final do processo. Os valores altos de C/N na pilha 1, até a metade do experimento, também podem estar ligados à diversidade dos resíduos orgânicos utilizados em sua construção. Resultado semelhante foi encontrado por Silva et al. (2009), na observação de parâmetros de maturação em quatro pilhas de compostagem, verificaram que a relação C/N decresceu durante a fase de maior atividade microbiana, e constataram que depois dos 60 dias tratamento apresentava uma maior relação C/N, entre os demais. Esses autores atribuíram à diversidade de materiais na composição dessa pilha.

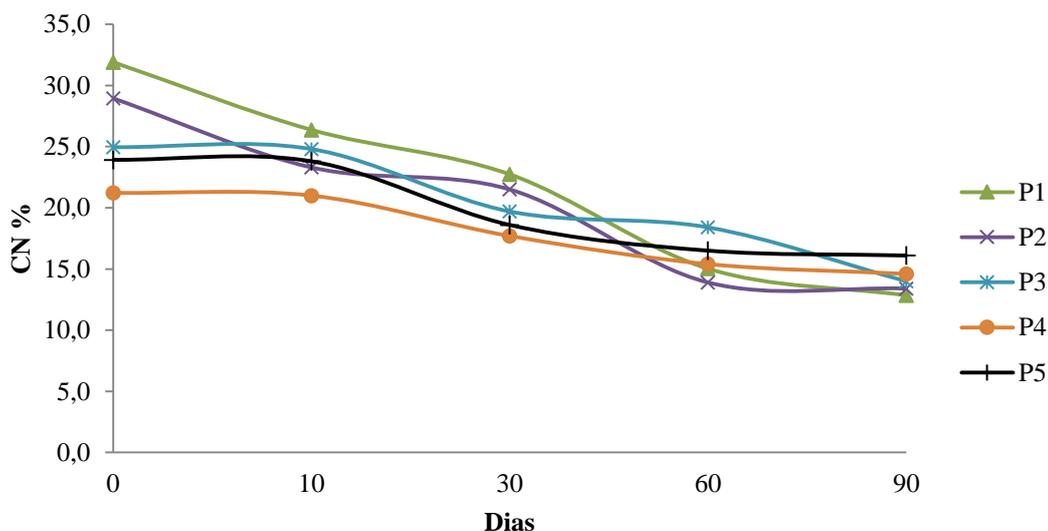
Em contrapartida foi observado que, a pilha 4 - testemunha (30% E) apresentou no início da compostagem uma menor relação C/N de aproximadamente 18/1, provavelmente por causa das baixas temperaturas e elevado teor de nitrogênio

verificado no início do processo, além disso, pilha testemunha continha, em sua composição, pouca diversidade com relação aos materiais utilizados na construção da mesma.

Foi notado ainda que, em todas as pilhas estudadas ocorreram reduções significativas da relação C/N já nos 40 primeiros dias de compostagem, esse feito pode ter sido consequência de oscilações de umidade e temperatura registradas no decorrer do processo, de acordo com Caetano (2014), para um processo completo de compostagem, devem ser controlados vários parâmetros físico-químicos, dentre eles, estão à temperatura, umidade e consequentemente, aeração.

Contudo, com relação à fase final do processo de compostagem, apesar de estudos apontarem divergências sobre o valor da faixa ideal na relação C/N, Pereira Neto (1996) assegura uma faixa ideal entre 8 e 12 e Kiehl (1998) certifica que, o valor ideal de C/N para o final do processo de compostagem é de 10:1.

Figura 42 – Variação da relação C/N nas cinco pilhas durante o processo de compostagem.



P1(15% E e 15% RC); P2 (20% E e 10% RC); P3 (10% E e 20% RC); P4 (30% E); P5 (30% RC).

Assim, outros pesquisadores, Jimenez e Garcia (1989) relataram que, devido às diferenças existentes na composição de cada composto formado, não se pode afirmar que uma relação C/N igual a 20 não indique um composto bioestabilizado, bem como uma relação C/N igual a 10 signifique um composto bioestabilizado. Para esses autores, o ideal é fazer uma relação entre o C/N final e C/N inicial, esse valor deve ser menor

que 0,7 para indicar uma medida de degradação satisfatória. Nesse contexto, todas as pilhas apresentaram, no final do processo, resultados satisfatórios com relação a maturação dos compostos, com valores da razão C/N final e C/N inicial de 0,40; 0,46; 0,56; 0,68 e 0,67 nas pilhas 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente.

5.2 RESULTADOS OBTIDOS DE COLETAS REALIZADAS NO ESTÁGIO FINAL DAS PILHAS DE COMPOSTAGEM

5.2.1 Substâncias húmicas (SH)

Quantificar os teores de carbono nas substâncias húmicas (SH) é relevante, pois, segundo Marinho (2014), o potencial de captura e armazenamento do carbono se dá fundamentalmente através desta fração. Nesse contexto, observa-se na Tabela 11 que, as frações de carbono dos ácidos húmicos (C-AH), carbono dos ácidos fúlvicos (C-AF) e carbono da humina (C-HUM), apresentaram efeito significativo, para todas as características estudadas, e foram expressivas ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 11. Quantificação dos teores de carbono nas substâncias húmicas nos compostos orgânicos produzidos

Fontes de variação (FV)	Grau de liberdade (GL)	Frações de Carbono		
		CAH	CAF	C-HUM
Tratamento	4	0,22**	3,61**	1341,18**
Resíduo	10	0	0	0,08
Total	14	0,91	14,45	5365,49
CV (%)		1,86	1,82	0,19

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < .05$); ns não significativo ($p > = .05$). FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação.

Contudo, notou-se através das médias (Figura 43) que, de modo geral, nas frações das substâncias húmicas houve maior teor de C nas frações huminas (C-HUM), seguida do ácido húmico (C-AH) e ácido fúlvico (C-AF). Esse elevado teor de C-HUM comparado com as demais frações, possivelmente é consequência dessa fração ser a menos solúvel, a mais polimerizada e, portanto, a que possui o maior grau de estabilização. De acordo com Medeiros et al (2012), a fração humina predomina indicando a resistência desta fração à decomposição microbiana. Estudos realizados por

Marinho (2014) com solos, confirmaram a predominância dessa fração (C-HUM) com relação às demais (C-AH e C-AF).

Todavia, observa-se na Figura 43 que, os valores médios da fração C-HUM, C-AH e C-AF se sobressaíram na pilha testemunha - P4 (30% E). Neste contexto, pode-se inferir que, a diminuição da diversidade pode provocar aumento nas taxas de mineralização, acrescentando a interação dessas frações com a porção mineral presente no composto orgânico.

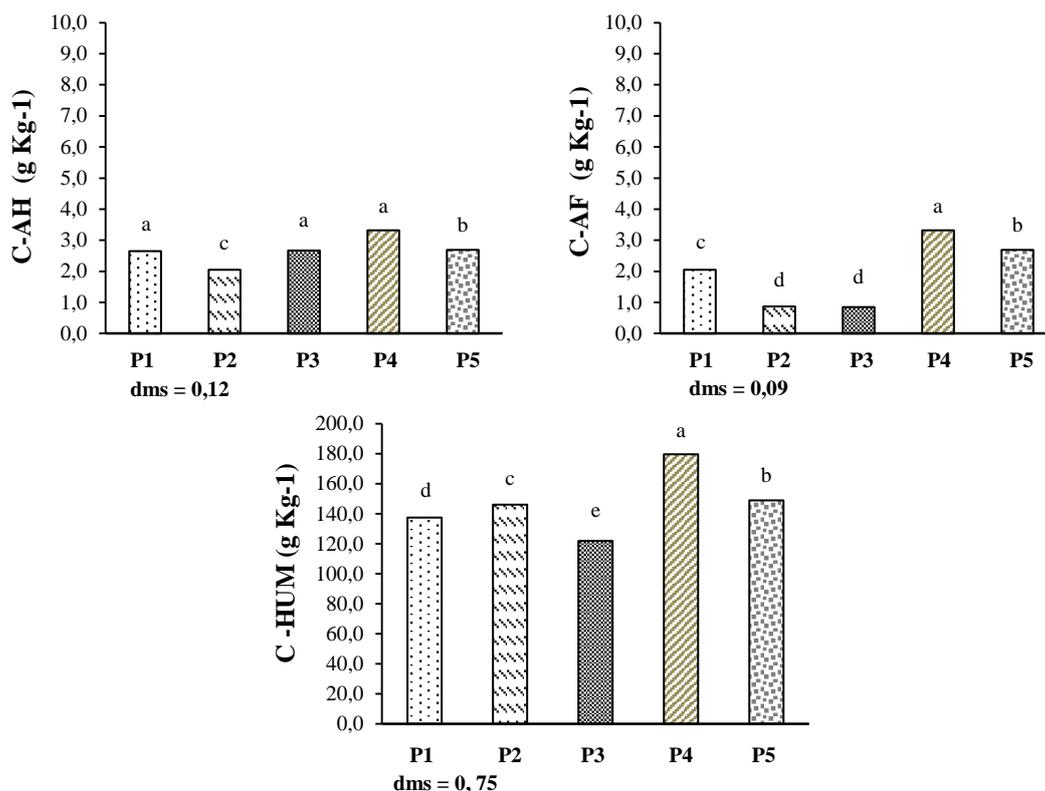
Observa-se ainda que, médias da fração de C-AH não diferiram estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade nas pilhas P1(15% E e 15% RC) e P3 (10% E e 20% RC) com relação a P4 (testemunha), onde se mostraram ser mais satisfatórias na avaliação dessa fração. No entanto, essas pilhas diferiram de P2 (20% E e 10% RC) e P5 (30% RC), que foram consideradas as piores na estimativa de C-AH (Figura 43).

Apesar de P1 e P3 serem semelhantes à testemunha e consideradas as pilhas mais significativas na avaliação da fração C-AH, a testemunha (P4) mostra-se ainda mais expressiva na análise dessa fração. Assim, quando C-AH foi avaliada nas demais pilhas sofreu um decréscimo mais relevante em P2 (38,3%), quando comparado com a testemunha. Nas demais pilhas essa redução variou de 18% a 20% aproximadamente quando comparado a P4.

Já analisando as médias do C da fração AF verificou-se diferença estatística entre quase todas as pilhas no processo final, isso mostrou que a fração AF é mais sensível a mudanças que a fração AH. Entretanto, a pilha P4 foi superior às demais com relação à quantificação de C-AH, enquanto que, as pilhas P2 e P3 não apresentaram diferenças estatísticas entre si, sendo consideradas as piores na estimativa dessa fração.

Na quantificação da fração humina observa-se que, todas as pilhas diferiram entre si ao nível de 5% de probabilidade, apresentando a testemunha (30% E) como a mais significativa e P3 (10% E e 20% RC) menos significativa. Essa diferença estatística nas pilhas pode ser consequência da decomposição microbiana que é particular, ao seu tempo, em cada processo de compostagem.

Figura 43 – Média das frações de carbono das substâncias húmicas nas das cinco pilhas no estágio final do processo de compostagem.



As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. P1(15% E e 15% RC); P2 (20% E e 10% RC); P3 (10% E e 20% RC); P4 (30% E); P5 (30% RC).

Silva et al (2009) ressalta que, na literatura há trabalhos relacionando o grau de maturação de um composto com as características dos compostos húmicos presentes, associando esse parâmetro ao grau de polimerização. E ainda, de acordo com Jodice (1989), o grau de polimerização (GP), ou índice de humificação (IH) é expresso pela relação de ácidos húmicos/ácidos fúlvicos (C-AH/C-AF) e para compostos bem humificados essa relação deve apresentar valores superiores a 1,5. Com esse argumento pode-se entender que, os compostos produzidos mostraram-se maturados, já que os valores finais dessa relação C-AH/C-AF foram: 1,63; 2,33; 3,00; 1,25 e 1,54, para as amostras coletadas em estágio final nas pilhas de compostagem P1, P2, P3, P4 e P5, respectivamente.

5.2.2 Quantidades dos nutrientes presentes nas pilhas no estágio final da compostagem

Na Tabela 12 observa-se que, todas as características estudadas nos tratamentos, apresentam efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para os macro e micronutrientes analisados, com exceção do magnésio e manganês, onde o efeito significativo foi ao nível de 5%.

Contudo, de modo geral, a P1 (15% E e 15% RC) foi similar a testemunha – P4 (30% E) e se sobressaíram na obtenção dos macronutrientes, já a P3 (10% E e 20% RC) foi satisfatória na avaliação dos micronutrientes.

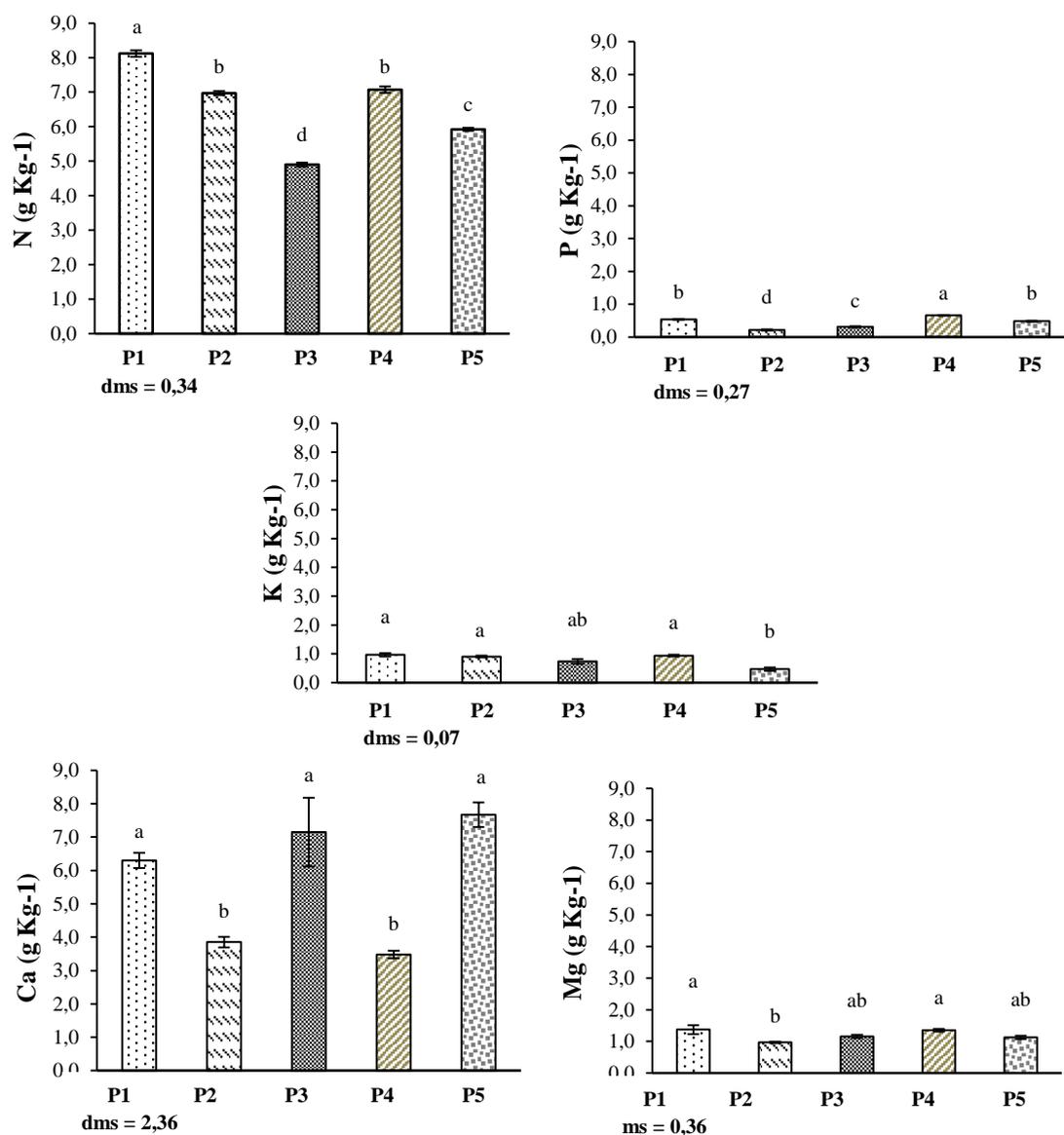
Tabela 12. Quadrado médio dos nutrientes das cinco pilhas no estágio final do processo de compostagem

FV	GL	Nutrientes								
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
Tratamento	4	4,51*	0,10*	0,13*	11,02*	0,09	36,60*	1499,65	1031226,33*	214,00*
Resíduo	10	0,02	0,00	0,00	0,77	0,02	3,22	267,03	139875,65	10,46
Total	14	18,18	0,39	0,61	51,78	0,52	178,63	8668,94	5523661,83	960,58
CV (%)		1,9	6,03	12,41	15,44	11,07	36,01	27,29	21,6	10,24

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$). FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação.

Para os macronutrientes analisados verifica-se (Figura 44) que, os nutrientes N e Ca se destacaram, quando comparados aos demais macronutrientes avaliados, apresentando concentrações mais elevadas nas pilhas. Observou-se ainda que, os teores de N foram superiores nas pilhas que apresentaram em sua composição maiores porcentagens de esterco bovino (P1, P2 e P4), e as pilhas que continham maiores quantidades de restos de comidas em sua composição mostraram concentrações mais elevadas de Ca (P3 e P5).

Figura 44 – Média dos macronutrientes das cinco pilhas no estágio final do processo de compostagem.



As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. P1(15% E e 15% RC); P2 (20% E e 10% RC); P3 (10% E e 20% RC); P4 (30% E); P5 (30% RC).

Contudo, notou-se de modo geral que, o nitrogênio destacou-se como o macronutriente primário em maior quantidade (Tabela 13), uma vez que apresentou uma maior porcentagem nas pilhas P1 (15% E e 15% RC), P2 (20% E e 10% RC) e testemunha – P4 (30% E). A adição do inoculante esterco bovino, que foi sobreposto a essas pilhas no início do processo, pode ter sido um fator que favoreceu o aumento da concentração desse nutriente.

Já as demais pilhas P3 (10% E e 20% RC) e P5 (30% RC) apresentaram uma maior porcentagem em cálcio, devido, possivelmente, ao incremento de restos de comida na construção das pilhas.

Tabela 13 Porcentagens referentes aos macronutrientes analisados em todas as pilhas no estágio final do processo de compostagem.

TRATAMENTOS	MACRONUTRIENTE %				
	N	P	K	Ca	Mg
P1	46,94	3,06	5,61	36,42	7,98
P2	53,99	1,63	6,97	29,89	7,51
P3	34,39	2,18	5,19	50,18	8,07
P4	52,41	4,89	6,89	25,8	10,01
P5	37,78	3,06	2,99	48,94	7,21

P1(15% E e 15% RC); P2 (20% E e 10% RC); P3 (10% E e 20% RC); P4 (30% E); P5 (30% RC).

Com relação aos micronutrientes avaliados nota-se na Tabela 14 que, o ferro se sobressaiu aos demais micronutrientes analisados, comparecendo com uma maior concentração em todas as pilhas, equivalentes a 94% em P1; 96,6% na pilha P2; 94,5% em P3; 92,4% na testemunha (P4) e 94,5% na pilha P5. Esse aumento pode ter sido consequência do local onde foi instalado o experimento, já que as pilhas foram acomodadas diretamente no chão do pátio da ACREVI tendo contato com resíduos no solo, além disso, o vento pode ter carregado quantidades significativas desse metal. Resultados semelhantes relacionados com concentrações elevadas de ferro em compostos orgânicos foram encontrados por Primo et al (2010), quando avaliavam a qualidade nutricional de composto orgânico produzido com resíduos de fumo, e também por Sousa Júnior (2011), quando desenvolveu e gerenciou a compostagem de resíduos sólidos urbanos. Esse autor igualmente atribuiu essa contaminação por ferro à localização de instalação do experimento, e ainda fez uma ressalva indicando esse micronutriente como o de maior teor no solo.

Na Tabela 14 observa-se também que, o segundo micronutriente encontrado em maior quantidade foi o manganês (Mn), seguido do zinco (Zn) e por último o Cobre (Cu).

Tabela 14 Porcentagens referentes aos micronutrientes analisados em todas as pilhas no estágio final do processo de compostagem

TRATAMENTOS	MICRONUTRIENTE %			
	Fe	Cu	Mn	Zn
P1	94,00	0,36	2,83	2,43
P2	96,55	0,13	1,98	1,34
P3	94,51	0,52	3,94	1,03
P4	92,42	0,19	5,39	1,99
P5	94,49	0,14	2,89	2,48

P1(15% E e 15% RC); P2 (20% E e 10% RC); P3 (10% E e 20% RC); P4 (30% E); P5 (30% RC).

Com relação às médias dos micronutrientes catiônicos nota-se que, de modo geral, a pilha P3 (10% E e 20% RC) se sobressaiu, sendo a mais significativa na avaliação do Cu, Mn e Fe. Todavia, P3 não foi tão relevante na avaliação do Fe como foi para o Cu e Mn. A pilha que conferiu os menores teores desse nutriente e, portanto, considerada a pior na estimativa dos micronutrientes analisados foi a P5 (30% RC).

Referindo-se ao Cu, verifica-se (Figura 45) que as pilhas mais significativas foram P1 e P3, sendo P2 (20% E e 10% RC) estatisticamente igual a testemunha (P4) e a P5 menos significativa. Apesar disso, P3 foi a mais expressiva na avaliação desse micronutriente, pois, quando o Cu foi analisado nas demais pilhas sofreu um decréscimo de: 38,9% em P1, 65,6% em P2, 70,4% em P4 e uma redução de 85,4% em P5.

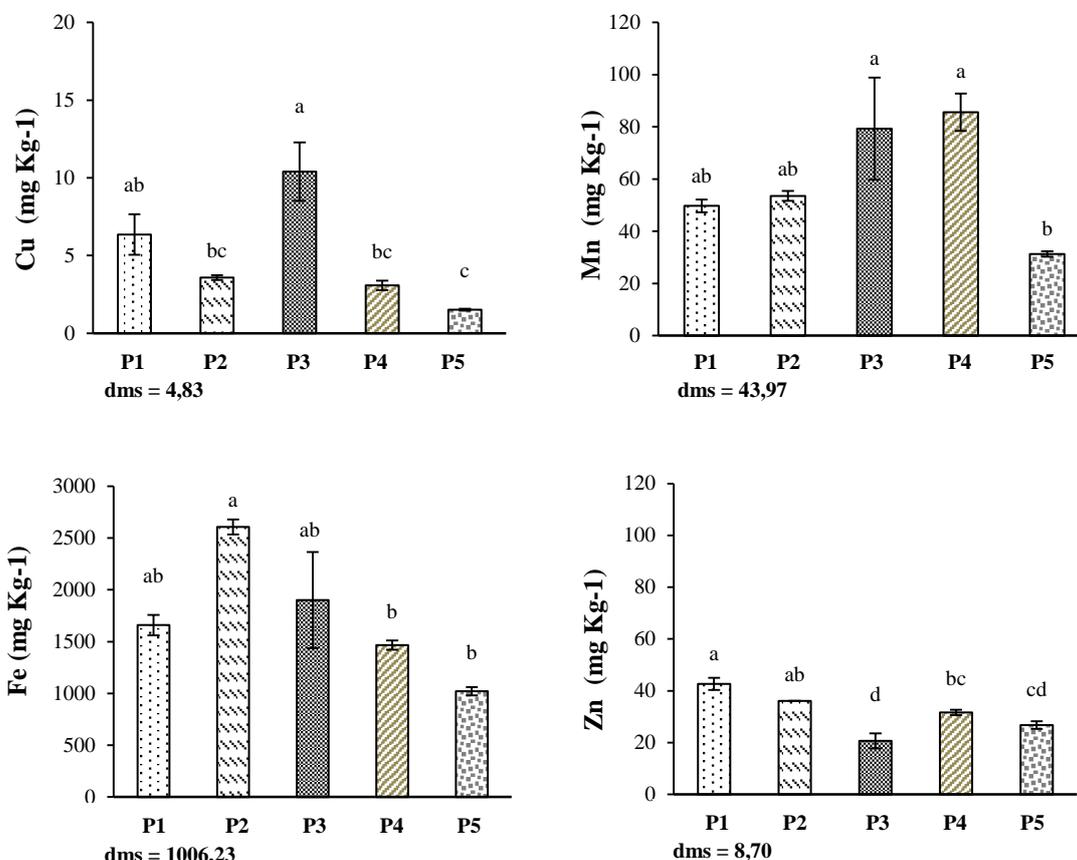
Já para o micronutriente Mn, foram observados valores mais significativos em P3 e na testemunha (P4), sendo P1 e P2 semelhantes estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade, e P5 menos significativa. Ressalta-se que, o nutriente manganês quando foi avaliado em P1, P2 e P5 compareceram com valores estatisticamente inferiores a P4 (testemunha) mostrando reduções de: 41,9% em P1, 37,5% em P2 e 63,5% em P5.

Na avaliação do micronutriente Fe observam-se valores mais significativos nas pilhas P2, P3 e P1 que não diferiram estatisticamente entre si. A pilha P5 foi análoga a testemunha na quantificação de Fe e consideradas as menos significativas. Apesar das pilhas P2, P3 e P1 serem consideradas semelhantes, a mais expressiva na avaliação do ferro foi a P2, com um decréscimo de: 36,3% quando estimada em P1; 27,1% em P3; 43,7% em P4 (testemunha) e 60,8% quando analisada em P5.

Na quantificação do nutriente Zn nota-se que, a pilha mais significativa foi P1, porém, essa não diferiu estatisticamente de P2. E a pilha menos significativa foi P3, entretanto, foi semelhante estatisticamente a P5, e essa na análise dos dados foi análoga a P4 (testemunha). Ratifica-se que, o Zn sofreu uma diminuição quando se compara sua

avaliação na pilha P3 às demais pilhas. Essa redução foi de: 85; 48; 74 e 63% referentes à P2, P3, P4 e P5, respectivamente.

Figura 45 – Média dos micronutrientes das cinco pilhas no estágio final do processo de compostagem.



As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. P1(15% E e 15% RC); P2 (20% E e 10% RC); P3 (10% E e 20% RC); P4 (30% E); P5 (30% RC).

Apesar das diferenças observadas na quantificação dos nutrientes nas diferentes pilhas, vale ressaltar que, não existem especificações de limites padrão de detecção para as concentrações de nutrientes analisados em pilhas de compostagem e, portanto, em compostos orgânicos, uma vez que, tanto os macros como os micronutrientes estão relacionados com o tipo de matéria utilizada na produção do composto ou na constituição das pilhas de compostagem. Sendo inexistentes esses teores, adota-se como referência pesquisas realizadas na área, bem como concentrações consideradas ideais para a agricultura. Os valores obtidos na referida pesquisa indicam que os compostos produzidos foram de boa qualidade, de acordo com Malavolta (1980), apresentaram quantidades de macronutrientes e micronutrientes em concentrações adequadas para a agricultura.

5.2.3 Quantidades dos contaminantes químicos presentes nas pilhas no estágio final da compostagem

Observa-se na Tabela 15, os contaminantes químicos avaliados a partir de coletas em cada pilha no estágio final do processo de compostagem. Dos contaminantes químicos analisados apenas o níquel (Ni) apresentou efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade. Os demais, cádmio (Cd) e chumbo (Pb) não apresentaram efeito significativo quando avaliados nas pilhas.

Tabela 15 Quadrado médio dos contaminantes químicos das cinco pilhas no estágio final do processo de compostagem

FV	GL	Contaminantes Químicos		
		Ni	Cd	Pb
Tratamento	4	8.64**	0.01 ^{ns}	24.05 ^{ns}
Resíduo	10	0.04	0.02	7.31
Total	14	34.96	0.26	169.31
CV (%)		5.51	52.79	76.9

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$). FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; P1(15% E e 15% RC); P2 (20% E e 10% RC); P3 (10% E e 20% RC); P4 (30% E); P5 (30% RC).

Assim como na quantificação dos nutrientes, não existe uma legislação específica que contenha as concentrações aceitáveis dos metais que são considerados contaminantes químicos para o solo e/ou planta, o que se tem são propostas de resolução referente aos parâmetros de qualidade para composto orgânico (CONAMA proposta resolução 02/2016). Deste modo, os valores obtidos na pesquisa serão referenciados a partir de estudos realizados na área com propostas e teores aceitáveis estabelecidos por alguns países da Europa e Estados Unidos (Tabela 15).

Na Tabela 16 observam-se as médias obtidas a partir das análises realizadas com amostras coletadas na fase de maturação dos compostos bem como os valores referência, nota-se que, todos as pilhas apresentaram concentrações adequadas de metais Ni, Cd e Pb, pois, os teores encontrados nos compostos maturados foram bem inferiores aos estabelecidos pelas referências mencionadas.

Tabela 16 – Teores aceitáveis de contaminantes químicos em mg Kg⁻¹ para compostos orgânicos e os valores encontrados na pesquisa.

Países / Resoluções	Contaminantes (mg K ⁻¹)		
	Ni	Cd	Pb
Alemanha	50	15	150
Áustria	200	6	900
Suíça	-	3	150
Itália	200	10	500
Holanda	50	2	20
EUA	100	10	500
CONAMA Prop. Res 02/2016	70	1,5	150
P1	0.8	0.2	1
P2	4.4	0.3	5.3
P3	4.2	0.3	4.3
P4	4.1	0.3	0.5
P5	5.1	0.3	3.6

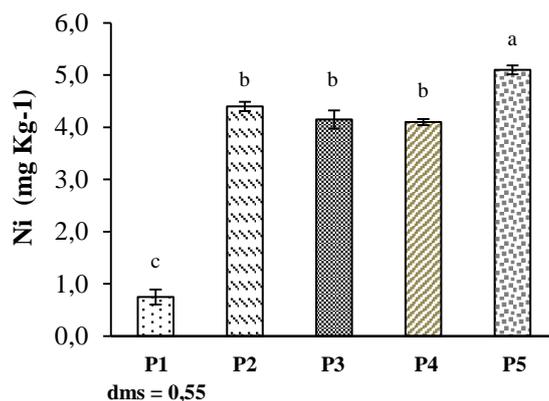
P1(15% E e 15% RC); P2 (20% E e 10% RC); P3 (10% E e 20% RC); P4 (30% E); P5 (30% RC).

No entanto, com relação ao contaminante Ni, devido ao efeito significativo que mostrou quando submetido à ANOVA, verificou-se na Figura 46 que, P5 (30% RC) apresentou um maior resultado na quantificação desse metal pesado, enquanto que, as pilhas P2 (20% E e 10% RC), P3 (10% E e 20% RC) e a testemunha - P4 (30% E) foram estatisticamente semelhantes entre si, e a P1 (15% E e 15% RC) foi a pior na avaliação desse metal.

Embora a pilha P5 seja a mais expressiva na análise de Ni, ressalta-se que, a concentração encontrada nessa pilha ainda é considerada bem inferior às observadas na literatura. Verifica-se em parâmetros relacionados à qualidade de compostos orgânicos que, a concentração máxima permitida de Ni (mg k⁻¹) em base seca de composto é de 70. Esse valor apresentado é bem superior ao encontrado em P5 (pilha que proporcionou um efeito mais significativo com relação à quantificação do metal).

O níquel é um metal pesado que, em altas concentrações pode provocar distúrbios fisiológicos graves, até mesmo a morte de plantas. Já em baixas concentrações é considerado um nutriente essencial à planta, participando de processos metabólicos como ativador da urease (BERTON et al., 2006; PIRES e ANDRADE, 2006; WOOD et al., 2006).

Figura 46 – Média do contaminante níquel nas cinco pilhas no estágio final do processo de compostagem.



As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. P1(15% E e 15% RC); P2 (20% E e 10% RC); P3 (10% E e 20% RC); P4 (30% E); P5 (30% RC).

Ressalta-se que, não houve contaminação proveniente da fração orgânica a partir da coleta seletiva efetuada e dos resíduos encontrados no pátio da ACREVI onde foi instalado o experimento.

5.2.4 Análises Microbiológicas nas pilhas no estágio final da compostagem

Na Tabela 17 observam-se valores referentes às análises microbiológicas realizadas nos compostos maturados. A qualidade microbiológica dos compostos foi avaliada por meio da análise de Salmonella, coliformes totais e coliformes termotolerantes. Essa observação faz-se necessário devido à contaminação que pode ocorrer a partir dos resíduos utilizados nas construções das pilhas, podendo desencadear a presença de níveis elevados de bactérias no composto orgânico final, uma vez que, o produto final terá como destino o uso na forma de adubo orgânico.

Os padrões e critérios para análise dos resultados para Salmonella e coliformes seguiram a Instrução Normativa (IN) nº 27/2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2006), para fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes, bem como a proposta de resolução 02/2016 (CONAMA processo 02000.001228/2015-37). Essas referências indicam as concentrações máximas admitidas para agentes patogênicos ao homem, animais e plantas.

Nesse contexto verifica-se na Tabela 17 que, não houve contaminação por espécie Salmonella nos compostos orgânicos produzidos. Nota-se ainda que, os números de coliformes totais em todos os compostos produzidos foram inferiores ao

valor máximo permitido, quando comparado com fertilizantes orgânicos, sendo o maior valor foi observado na pilha quatro. É provável que isso tenha ocorrido devido a maior porcentagem de esterco bovino utilizado na construção dessa pilha. Observa-se também que, apenas a P4 (testemunha) comparece com valores de coliformes termotolerantes, no entanto o valor encontrado está dentro dos parâmetros para compostos orgânicos de classe I (CONAMA proposta de resolução 02/2016).

A eficiência na remoção de patógenos também foi comprovada por Orrico Junior et al (2012) quando analisavam a compostagem dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta. Esses autores concluíram que, independentemente do tratamento, o processo de compostagem apresentou eficiência de 100% na redução dos coliformes. Essa diminuição também foi comprovada por Cancelado (2014), quando avaliou a qualidade microbiológica de um composto produzido a partir de resíduos animais e vegetal verificou que, o número de coliformes fecais encontrado foi quase 5 vezes abaixo do valor máximo permitido, quando comparado com os fertilizantes orgânicos e lodo de esgoto ou produto derivado. Essa autora também enfatizou a ausência da espécie *Salmonella* spp no composto produzido.

Essa remoção e/ou redução é extremamente relevante, principalmente quando a finalidade do composto orgânico é a produção de hortaliças, pois essas em geral, são consumidas cruas e necessitam de ser puras e saudáveis, livres de patógenos que possam desencadear doenças.

Tabela 17 – Resultados das análises microbiológicas no estágio final do processo de compostagem comparado com a IN n^o 27/2006.

Tratamentos	Análises Microbiológicas		
	Coliformes totais	Coliformes termotolerantes	<u>Salmonella</u> spp
P1	< 3,0 NMP/g	0	Ausente
P2	36 NMP/g	0	Ausente
P3	74 NMP/g	0	Ausente
P4	93 NMP/g	0.3 NMP/g	Ausente
P5	< 3,0 NMP/g	0	Ausente
IN n ^o 27/2006			
CONAMA Prop. Res. 02/2016	-	<1000 NMP/g	Ausente

PI(15% E e 15% RC); P2 (20% E e 10% RC); P3 (10% E e 20% RC); P4 (30% E); P5 (30% RC).

Foi observado na pesquisa que, nos compostos orgânicos produzidos não houve contaminação por patógenos. Deste modo compreende-se que, os resíduos sólidos utilizados foram segregados, evitando a presença de elementos que pudessem contaminar o material orgânico final. Essa descontaminação também pode ter sido

consequência da manutenção da temperatura por tempo adequado durante o processo de compostagem, de acordo com Orrico Junior et al. (2009), para que o processo de compostagem apresente redução significativa de microrganismos patogênicos, é necessário que o material atinja temperaturas elevadas e que a temperatura se prolongue por vários dias.

Portanto, entende-se que, os resultados asseguram a estabilidade dos compostos produzidos, uma vez que ocorreu a completa decomposição microbiológica livre de patógenos e de toxicidade.

5.3 OBSERVAÇÕES VISUAIS /MATURAÇÃO OU CURA

Nas observações visuais foram realizados o teste de mão e da bolota, além de verificar ao longo do processo de compostagem os aspectos relativos ao odor, cor, redução de volume, presença de fungos e ácaros. Esses critérios foram essenciais na conclusão do processo de compostagem nas cinco pilhas instaladas.

Esses testes, segundo Kiehl (2002), fazem-se necessário para verificar a maturação dos compostos. De acordo com esse autor, o tempo para atingir essa fase e sua duração varia de acordo com vários fatores, como a composição química da matéria-prima a ser utilizada, granulometria, dimensões da leira, teor de umidade, entre outros.

Com relação às observações ao longo do processo, verificaram-se odores por volta dos primeiros 5 dias de compostagem nas pilhas 1(15% E e 15% RC), 2 (20% E e 10% RC), 3(10% E e 20% RC) e 5 (30% RC). Não foi detectado odor na testemunha P4(30% E). O odor provavelmente foi devido às pilhas serem constituídas, em parte, por restos alimentares, por esse motivo não foi constatado odores na P4. O problema foi resolvido aumentando a aeração.

Nas cinco pilhas foi observada a presença de formigas, que provavelmente foram atraídas pelos resíduos vegetais e orgânicos utilizados na construção das referidas pilhas. A presença desses vetores foi mais acentuada nas pilhas que continham restos de comida.

À medida que ocorria a decomposição dos materiais foi observado que, os odores tornaram-se menos intensos e, na fase de maturação dos compostos, esses desapareceram dando lugar ao cheiro de “terra molhada”.

Já na observação da cor, notou-se alteração apenas depois dos 80 dias do processo de compostagem, onde foi verificado uma intensa cor escura (Figura 47).

Figura 47 – Demonstração da coloração do composto final



Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.

Tratando-se da observação com relação à redução do volume das pilhas de compostagem, foi detectada uma diminuição à medida que ocorria o processo de decomposição da matéria orgânica. Essa redução foi mais evidente nas pilhas que continham restos de comida. No entanto, de modo geral, as pilhas apresentaram uma redução de aproximadamente 40% do volume inicial (Figura 48).

Figura 48 – Demonstração da redução de volume no processo de compostagem realizado em 2015 na ACREVI – Mossoró/RN.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.

Com relação ao comparecimento de população microbiana, foi observada a presença de várias espécies, no entanto, destacaram-se alguns fungos de cor esbranquiçada que apareceram em maior quantidade (Figura 49).

De acordo com Putzke e Putzke, (2004), os fungos são importantes tanto do ponto de vista ecológico, quanto econômico, pois degradam todo tipo de restos

orgânicos, independentemente da origem, transformando-os em elementos assimiláveis pelas plantas.

Figura 49 – Demonstração dos fungos presentes nas pilhas de compostagem.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.

Ainda na avaliação da maturação foram realizados a partir dos 80 dias até a fase final da compostagem os testes da mão e da bolota.

No teste da mão friccionou-se entre as palmas uma amostra umedecida de cada composto. Os compostos se mostravam maturados à medida que nas palmas das mãos apareciam uma pasta preta gordurosa com aspecto de “manteiga preta” (Figura 50).

Para cada composto foi diagnosticado um tempo diferente de maturação, mas em média, todos estavam maturados aos 90 dias de compostagem.

Figura 50 – Demonstração do teste de mão realizado nos compostos maturados.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.

Já o teste da bolota (Figura 51) foi realizado umedecendo uma pequena quantidade da amostra de cada composto para formar com as mãos uma bolota um pouco maior que uma bola de pingue-pongue. Assim, foi observado se a bolota resistia a pequenas colisões, deste modo era comprovada a maturação.

Contudo, verificou-se semelhanças entre P1(15% E e 15% RC) e à testemunha – P4 (30% E) quanto a maturação que ocorreu em 90 dias, a pilha P2 (20% E e 10% RC) e P3 (10% E e 20% RC) em 93 dias e a pilha 5 (30% RC) em 94 dias.

Figura 51 – Demonstração do teste da bolota realizado nos compostos maturados.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.

5.4 EMBALAGENS E ROTULAGENS DOS COMPOSTOS PRODUZIDOS.

A embalagem (Figura 52) para o armazenamento dos compostos orgânicos produzidos a partir da técnica da compostagem na ACREVI foi pensada com o intuito de reutilizar materiais que estavam presentes na coleta seletiva realizadas pelos catadores recicladores. Nesse contexto, foi proposto a garrafa pet para armazenamento, pois segundo Uda (2010), o Brasil, nos dias de hoje, é o terceiro maior consumidor mundial de PET, para a produção de garrafas de bebidas de diversas marcas e quantidades, sendo que a tendência do mercado é de um aumento de consumo para os próximos anos. Além disso, os plásticos das garrafas PET são conhecidos como termoplásticos, materiais que podem ser reprocessados várias vezes pelo mesmo ou por outro processo de transformação, portanto, quando submetidos ao aquecimento a temperaturas adequadas, esses plásticos amolecem, fundem e podem ser novamente moldados (FONSECA, 2013).

Figura 52 – Demonstração da embalagem para armazenamento dos compostos orgânicos.



A rotulagem (Figura 53) foi idealizada de acordo com a Instrução Normativa vigente (IN nº 25/2009) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009) que classifica os compostos orgânicos produzidos na pesquisa em Classe "C", os quais são obtidos pela separação da parte orgânica dos resíduos sólidos domiciliares e sua compostagem, resultando em produto de utilização segura na agricultura. Assim, de acordo com a IN nº 25/2009, no rótulo, em uma etiqueta de identificação ou em documento relativo tem que conter especificações sobre teor declarado ou garantido de um elemento químico, nutriente, ou do seu óxido, ou de qualquer outro componente do produto.

Porém, o capítulo VII da referida IN que trata das disposições finais, em seu Art. 18 relata que os fertilizantes orgânicos que estão inseridos nas classes "C" e "D", somente poderão ser comercializados para consumidores finais, mediante recomendação técnica firmada por engenheiro agrônomo ou engenheiro florestal, respeitada a área de competência.

Figura 53 – Demonstração da rotulagem do composto orgânico produzido a partir da pilha 1(15% de E e 15% RC).

ESPECIFICAÇÕES	
Composto orgânico	Classe "C"
Composição	Vegetal e animal
Umidade máxima	55%
Relação C/N	11%
pH	7,8
Ca	6,3 g Kg ⁻¹
Mg	1,38 g Kg ⁻¹
NPK	10,35 g Kg ⁻¹
Fe	1660,17 mg Kg ⁻¹
Cu	6,35 mg Kg ⁻¹
Zn	42,63 mg Kg ⁻¹
Mn	49,75 mg Kg ⁻¹
Granulometria	Sem especificações granulométricas
Ni; Cd; Pb	Quantidades insignificantes
Patógenos	Isento de Salmonella e coliformes termotolerantes

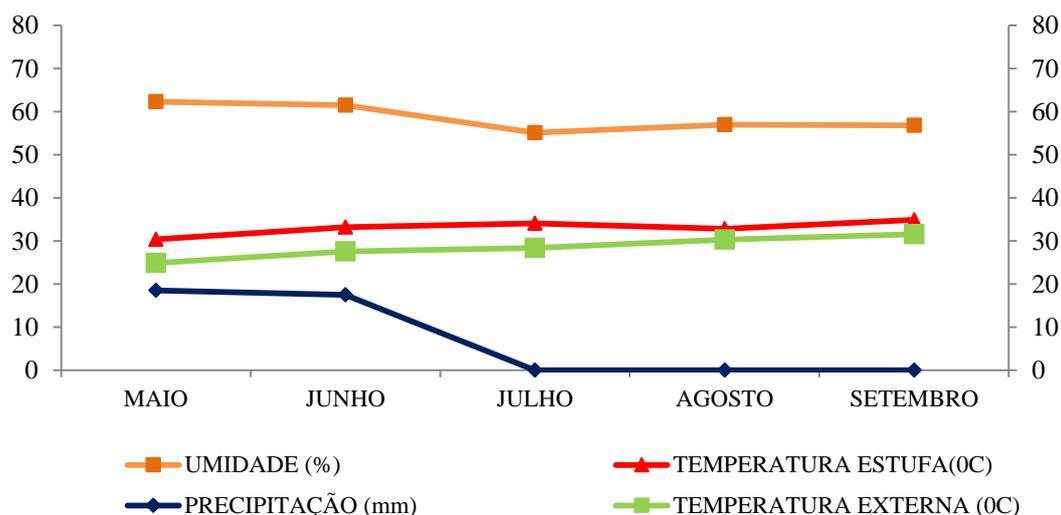
5.5 SEGUNDO EXPERIMENTO

5.5.1 Temperaturas máximas, médias e mínimas durante a condução do experimento

O início do florescimento em todas as plantas ocorreu aproximadamente aos 55 dias após o transplante (DAT) e foi observado até os 120 DAT. Neste período, a temperatura média mensal da estufa variou de 24 a 32 °C (Figura 54). Para Keillor (2008), estas oscilações de temperatura são superiores às consideradas ótimas para frutificação (entre 18 e 27 °C). No entanto, segundo Candian (2015), pode-se dizer que algum prejuízo ocorreu se as médias de temperaturas máximas forem 37 °C.

Observa-se na Figura 54 que, durante o período da realização do experimento (maio a setembro) as médias de temperaturas diárias demonstraram dias quentes e com umidades relativamente baixas. Constatou-se poucas precipitações que não foram suficientes para diminuir de modo significativo as temperaturas médias climáticas, bem como aumentar a umidade relativa do ar de modo que pudesse influenciar no experimento.

Figura 54 – Registro de precipitação, temperatura e umidade durante a realização do experimento na UFERSA – Mossoró/RN em 2016.



Fonte: UFERSA

5.5.2 Variáveis de crescimento

De acordo com análise de variância (Tabela 18) observa-se que não houve efeito significativo para as variáveis altura de plantas (AP); diâmetro do caule (DC) e comprimento da raiz (CR), enquanto que para as variáveis número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA) e área foliar (AF), o efeito significativo foi ao nível de 1% de probabilidade. Para a variável massa seca da parte aérea (MSPA) o efeito foi ao nível de 5 % de probabilidade (Tabela 11).

Tabela 18 – Análise de variância para as características de crescimento: altura de plantas (AP); diâmetro do caule (DC); comprimento da raiz (CR); número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA); massa seca da parte aérea (MSPA) e área foliar (AF) em função dos diferentes compostos orgânicos e dias de cultivo do tomate tipo cereja.

QM								
FV	GL	AP	DC	CR	NF	MFPA	MSPA	AF
Bloco	4	44,8 ^{ns}	0,9 ^{ns}	26,1 ^{ns}	1792,2 ^{ns}	436,1 ^{ns}	50,4 ^{ns}	3500007,3 ^{ns}
Tratamento	4	290,4 ^{ns}	3,1 ^{ns}	78,5 ^{ns}	11398,1 ^{**}	5008,6 ^{**}	204,9 [*]	13175450,4 ^{**}
Resíduo	16	100,4	1,85	55,31	1653,2	849,8	43,1	2633513,5
Total	24							
CV %		7,8	10,5	16,8	22,5	23,5	28,3	29,4

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < .05$); ns não significativo ($p > = .05$). FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação.

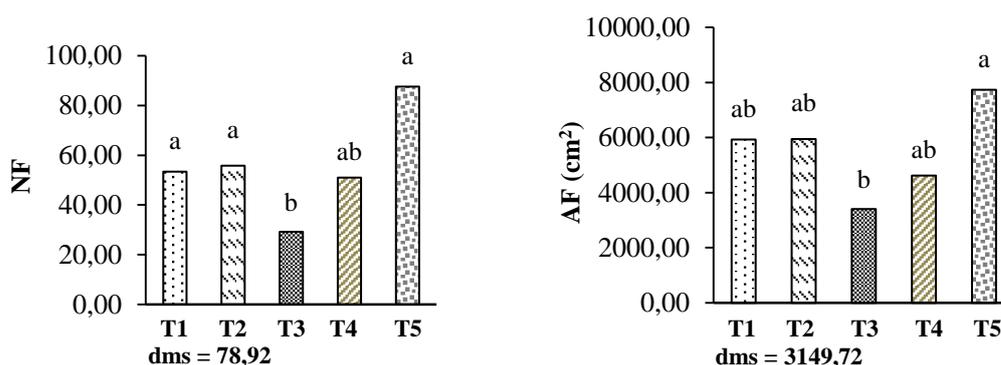
Segundo Reis et al (2013), os princípios e as práticas da análise de crescimento têm, como objetivo, descrever e interpretar o desempenho de determinada espécie em ambiente natural ou controlado. Nesse contexto, verifica-se através das médias e por meio do número de folhas (NF), área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA) e quantificação da massa seca da parte aérea (MSPA), (Figura 55) que, em geral, o tratamento T5 (composto orgânico 5 - CO5 - oriundo da pilha P5 com 30% RC) apresentou um melhor desempenho demonstrando uma maior fitomassa aos 90 DAT, e o tratamento T3 (CO3 oriundo da pilha P3 com 10% E/20% RC) um pior comportamento comparando com uma menor fitomassa. Como todas as plantas estavam em boas condições ambientais e comportamento similar em relação às lâminas de irrigação, a diferença na produção de fitomassa pode ter sido consequência da diversidade de materiais utilizados em cada tratamento, portanto, entende-se que, quanto mais diversificados forem os resíduos orgânicos ou materiais utilizados no processo de compostagem, maior será a quantidade de nutriente disponível para a

cultura, assim os vegetais irão utilizar os suprimentos disponíveis na adubação para completar seu desenvolvimento.

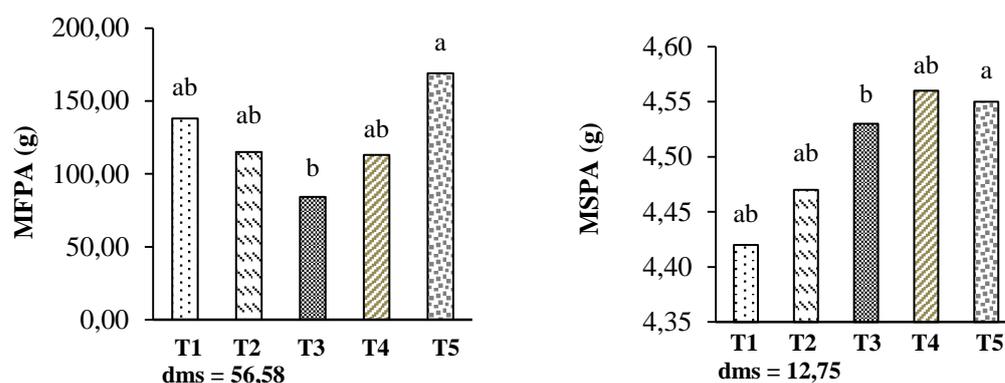
Para a variável NF, o tratamento T5 (CO5 - oriundo da pilha P5 com 30% RC) proporcionou o maior resultado no final do ciclo, porém os tratamentos T1(CO1 - oriundo da pilha P1 com 15% E/15% RC) e T2 (CO2 - oriundo da pilha P2 com 20% E/10% RC) foram semelhantes estatisticamente na estimativa dessa variável. O tratamento T3 (CO3 oriundo da pilha P3 com 10% E/20% RC) apresentou o pior resultado, porém, quando submetido à ANOVA foi semelhante à T4, testemunha (CO4 - oriundo da pilha P4 com 30% E) na quantificação do número de folhas.

Com relação a variável AF verificou-se nos 90 DAT que, a máxima área foliar foi obtida pelo tratamento T5, embora tenha se apresentado semelhante estatisticamente à T4 (testemunha), T1 e T2. O tratamento T3 proporcionou o menor valor para AF, deste modo, possivelmente esse resultado interfira na produtividade do tomate cereja cultivado no tratamento T3, uma vez que, de acordo com Reis et al. (2013), a área foliar (AF) é uma variável de suma importância para que se possa modelar o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, por conseguinte, a produtividade total da cultura. Esses autores afirmam que, o aumento da área foliar propicia um aumento na capacidade da planta de aproveitar a energia solar visando à realização da fotossíntese e, desta forma, pode ser utilizada para avaliar a produtividade.

Figura 55 – Média das variáveis: número de folhas (NF); área foliar (AF); massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA)



Continua...



As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC); T2 (CO2 oriundo da P2 com 20%E/10% RC); T3 (CO3 oriundo da P3 com 10%E/20% RC); T4 (CO4 oriundo da P4 com 30%E); T5 (CO5 oriundo da P5 com 30% RC)

Verifica-se ainda (Figura 55) que, o resultado na avaliação da AF influenciou nas variáveis MFPA e MSPA, pois, os tratamentos que se mostraram mais significativos na avaliação de AF (T5, T1, T2 e T4, respectivamente) foram os mesmos que apresentaram uma melhor quantificação na massa fresca da parte aérea e na massa seca da parte aérea, e conseqüentemente o tratamento menos significativo na estimativa da área foliar (T3) foi o mesmo na avaliação da MFPA e MSPA, então pode-se deduzir que, essas variáveis possuem uma correlação, desta forma, uma irá influenciar na outra.

Quantificar a fitomassa de uma cultura é relevante pelo fato dessa indicar a assimilação da fotossíntese, além de servir como um indicativo de produção. Segundo Figueiredo et al. (2010), a velocidade com que a fitomassa cresce após a germinação torna-se um indicador da produtividade e da vida econômica do cultivo. Para Rocha (2009), o principal órgão armazenador de matéria seca na cultura do tomateiro, foi a folha. Segundo o autor as folhas, além de fontes principais se caracterizaram também como drenos de fotoassimilados seguidas do caule e, por último, os frutos.

Com relação às variáveis AP, DC e CR não foram observados efeito significativo para os tratamentos no final do ciclo. Vários autores reportam o efeito não significativo com relação à altura de planta e diâmetro do caule quando são utilizados adubos orgânicos. Araújo et al. (2011), quando utilizaram fertilizantes orgânicos no cultivo do tomate da variedade cereja, observaram que todas as plantas em que foram utilizados os adubos orgânicos tiveram um bom desenvolvimento, no entanto verificaram com análises estatísticas que não ocorreram interações significativas entre as fontes de variação para as características AP, NF e DC. Essas observações são concordantes com as encontradas por Matos et al (2015) quando utilizaram a adubação

orgânica em substituição a fertilização química no tomate cereja sob diferentes níveis de reposição da evapotranspiração, observaram que as médias da adubação com húmus não proporcionaram aumento significativo na altura da planta (AP) e diâmetro do caule (DC).

5.5.3 Teores de macro e micronutrientes no tecido vegetal

Na Tabela 19 encontra-se a análise de variância para os teores de macro e micronutrientes na folha dos tomateiros cultivados sob diferentes compostos orgânicos aos 90 DAS. Observa-se efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade nos teores de cobre (Cu) e manganês (Mn). Já as concentrações de fósforo (P) e ferro (Fe) da parte aérea, sofreram efeito significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 19 – Análise de variância para a nutrição foliar dos tomateiros nos diferentes tratamentos aos 90 DAT.

FV	GL	Nutrientes								
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
Bloco	4	3,74 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,64 ^{ns}	4,30 ^{ns}	0,31 ^{ns}	10,68 ^{ns}	134,21 ^{ns}	49888,46 ^{ns}	44,51 ^{ns}
Tratamento	4	5,37 ^{ns}	6,59 ^{**}	2,41 ^{ns}	58,77 ^{ns}	0,51 ^{ns}	21,76 [*]	356,49 [*]	828926,86 ^{**}	71,89 ^{ns}
Resíduo	16	3,49	0,22	1,63	25,18	0,26	7,13	78,33	171367,3	83,85
Total	24									
CV (%)		14,54	19,28	21,11	16,84	7,12	21,4	13,94	24,32	26,24

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < .05$); ns não significativo ($p > = .05$). FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação.

A partir do resultado do teste de média (Tabela 20) pode-se verificar a ordem de absorção dos nutrientes no tecido foliar. O cálcio (Ca) foi o macronutriente que foi mais absorvido nas folhas dos tomateiros em todos os tratamentos. Para Vilas Boas (2014), o cálcio é um nutriente que merece destaque especial, pois desempenha papel fundamental no crescimento radicular, e sua deficiência induz podridão apical, perda na produtividade e qualidade do fruto. O nitrogênio (N), foi o segundo macronutriente encontrado em maior quantidade, seguido do magnésio (Mg), potássio (K) e fósforo (P). Portanto, pode-se inferir que, a ordem de absorção dos macronutrientes no tecido foliar foi: $Ca > N > Mg > K > P$. Resultados semelhantes na quantificação de alguns teores de macronutrientes encontrados no tecido foliar foram encontrados por Sales (2014), quando cultivou tomateiro em ambiente protegido sob doses de biofertilizante e lâminas

de irrigação, observou a ordem decrescentes $Ca > N > K > Mg > P$ de macronutrientes nos teores foliares do tomate em folhas coletadas aos 120 DAT.

Já em estudos realizados por Moreira (2012) quando observava a nutrição e desenvolvimento de tomate orgânico através de biofertilizantes, foi verificado a seguinte ordem $Ca > N > K > P > Mg$ para os teores de macronutrientes. Ainda segundo o autor, as diferenças verificadas em pesquisas com relação à ordem de absorção dos macronutrientes no tecido foliar, estão interligadas com os estádios de desenvolvimento, ou épocas que influenciam nos teores foliares de todos os macros e micronutrientes analisados.

Com relação ao efeito significativo para os macronutrientes observa-se através do resultado das médias (Tabela 20) que, apenas os teores do macronutriente P sofreram influência da diversidade de materiais utilizados em cada pilha que originou os diferentes compostos orgânicos utilizados na pesquisa. Verifica-se ainda que, os tratamentos T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC), T2 (CO2 oriundo da P2 com 20% E/10% RC) e T3 (CO3 oriundo da P3 com 10% E/20% RC) se sobressaíram na quantificação foliar para os teores de P, sendo estatisticamente semelhantes, porém, não apresentaram diferença entre os tratamentos T4, testemunha (CO4 oriundo da P4 com 30% E) e T5 (CO5 oriundo da P5 com 30% RC). Constatou-se que a concentração de fósforo nas folhas do tomateiro foi maior quando esses foram cultivados nos tratamentos em que houve adição de esterco bovino na composição das pilhas que resultaram nos compostos orgânicos representados pelos tratamentos T1, T2, T3 e T4.

Os maiores teores de fósforo nas folhas foram observados quando se utilizou o tratamento T3, que em sua composição foi adicionado menor quantidade de esterco bovino. Maia et al. (2013) quando pesquisava a adubação orgânica em tomateiro do grupo cereja, constataram maiores teores de fósforo nos tratamentos em que foi adicionado solo e esterco bovino, sendo verificada a maior concentração de P no tratamento que recebeu menor quantidade de esterco.

Tabela 20 – Média dos macronutrientes no tecido foliar nos diferentes tratamentos aos 90 DAT.

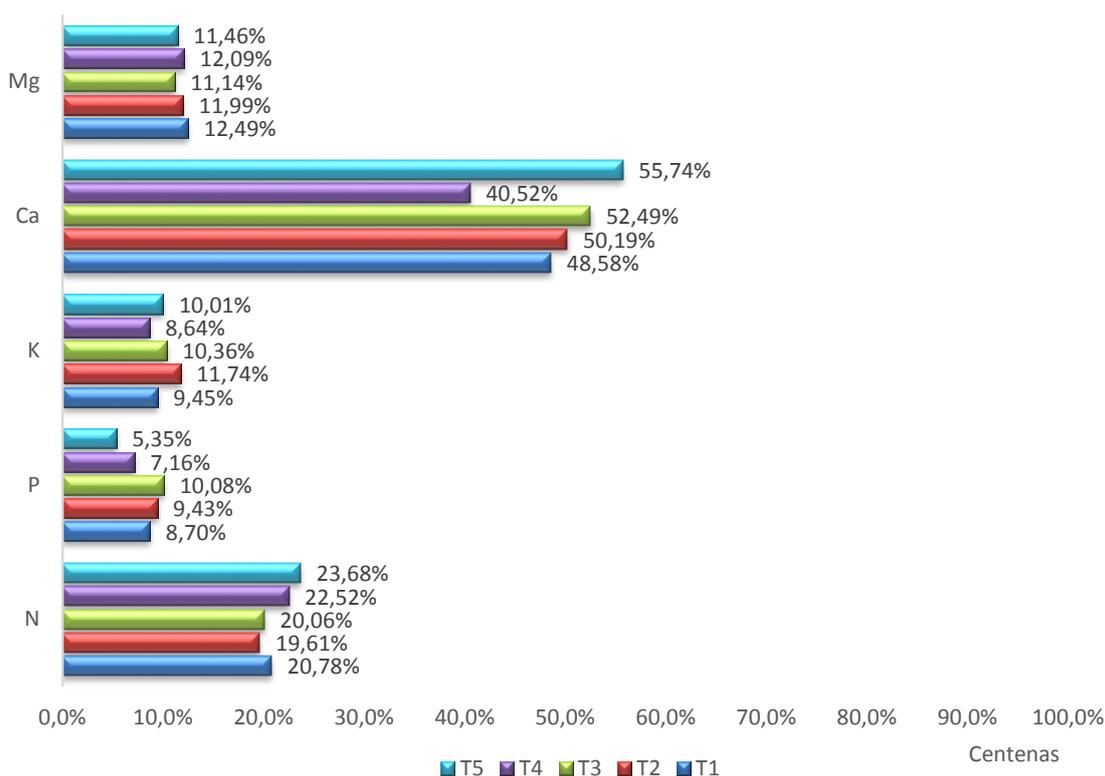
Tratamentos	Macronutrientes g Kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg
T1	12,51a	5,24a	5,69a	29,25a	7,52a
T2	11,81a	5,68a	7,07a	30,22a	7,22a
T3	12,08a	6,07a	6,24a	31,61a	6,71a
T4	13,56a	4,31ab	5,2a	24,4a	7,28a
T5	14,26a	3,22b	6,03a	33,56a	6,9a
dms	3,62	1,84	2,48	9,74	0,98

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC); T2 (CO2 oriundo da P2 com 20%E/10% RC); T3 (CO3 oriundo da P3 com 10%E/20% RC); T4 (CO4 oriundo da P4 com 30%E); T5 (CO5 oriundo da P5 com 30% RC)

Ainda com relação à assimilação dos macronutrientes verificam-se na Figura 56 que, os tomateiros cultivados no tratamento T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC) absorveram maiores teores de magnésio, os que receberam T2 (CO2 oriundo da P2 com 20% E/10% RC) como adubo assimilaram maiores concentrações potássio nas folhas, no tratamento T3 (CO3 oriundo da P3 com 10% E/20% RC) as folhas receberam maiores teores de fósforo e os tomateiros adubados com T5 (CO5 oriundo da P5 com 30% RC) absorveram maiores teores de cálcio seguido de nitrogênio. Já as plantas cultivadas em T4, testemunha (CO4 oriundo da P4 com 30% E) não mostraram teores de macronutrientes significativos comparados aos outros tratamentos. Possivelmente isso foi consequência da pouca diversidade de material que constituiu a pilha que formou o adubo orgânico representado por esse tratamento.

A faixa de teores dos macronutrientes P, Ca e Mg no tecido foliar encontrados estão nos níveis adequados para a cultura, de acordo com Embrapa (2009), já os macronutriente N e K apresentaram valores baixos, porém, os valores referência estão baseados em épocas diferentes aos amostrados na pesquisa, isso provavelmente pode ter influenciado na disparidade dos teores desses nutrientes.

Figura 56 – Porcentagem dos macronutrientes absorvidos no tecido foliar dos tomateiros cultivados nos diferentes tratamentos.



T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC); T2 (CO2 oriundo da P2 com 20%E/10% RC); T3 (CO3 oriundo da P3 com 10%E/20% RC); T4 (CO4 oriundo da P4 com 30%E); T5 (CO5 oriundo da P5 com 30% RC).

Com relação à quantificação dos micronutrientes avaliados (Tabela 21), o ferro se sobressaiu em todos os tratamentos, seguido do manganês (Mn), zinco (Zn) e do cobre (Cu). Os teores predominantes de Fe podem ter sido consequência dos valores elevados encontrados nos compostos orgânicos.

Contudo, somente os teores de Cu, Mn e Fe na folha sofreram influência da diversidade de materiais utilizados em cada pilha que originou os diferentes compostos orgânicos. Na quantificação do cobre (Cu) foi verificado que, mesmo tendo-se observado efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 19), o resultado das médias mostrou semelhanças estatísticas para todos os tratamentos (Tabela 21). Para os teores de manganês foi verificado maiores concentrações desse micronutriente no tratamento T4 e menores concentrações nos tratamentos T1 e T2 que foram semelhantes estatisticamente, porém, não diferiram dos tratamentos T3 e T5.

Quanto à absorção de Fe verificou-se que, o tratamento T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC) apresentou maiores teores e o Tratamento T3 (CO3 oriundo da P3 com 10% E/20% RC) menores concentrações, no entanto, não diferiu estatisticamente

de T4, testemunha (CO4 oriundo da P4 com 30% E) e do tratamento T2 (CO2 oriundo da P2 com 20% E/10% RC).

Tabela 21 – Média dos micronutrientes no tecido foliar nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Micronutrientes mg Kg ⁻¹			
	Cu	Mn	Fe	Zn
T1	13,33a	54,46b	2255,00a	38,47a
T2	14,06a	55,77b	1629,40ab	38,39a
T3	14,15a	68,45ab	1142,40b	32,28a
T4	11,64a	74,39a	1607,60ab	35,49a
T5	9,21a	64,29ab	1875,20ab	29,86a
dms	5,18	17,18	803,47	17,77

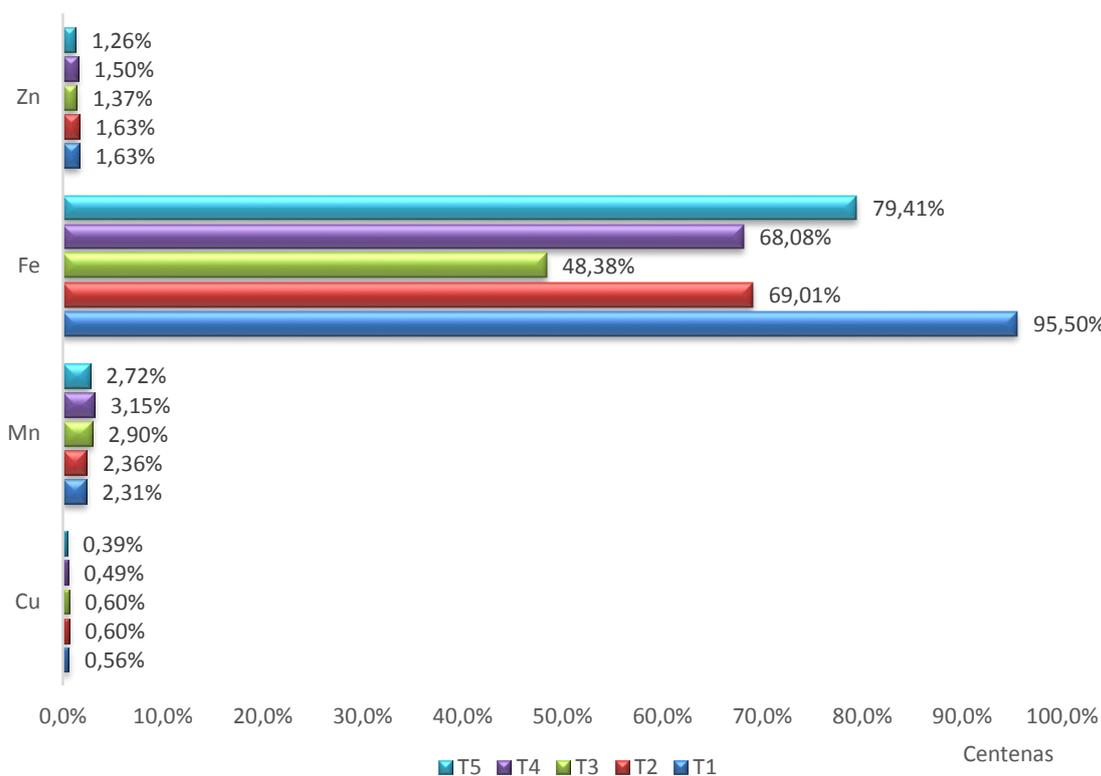
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC); T2 (CO2 oriundo da P2 com 20%E/10% RC); T3 (CO3 oriundo da P3 com 10%E/20% RC); T4 (CO4 oriundo da P4 com 30%E); T5 (CO5 oriundo da P5 com 30% RC).

A faixa de teores dos micronutrientes Cu, Mn e Zn no tecido foliar encontrados estão nos níveis adequados para a cultura, de acordo com Malavolta et al (1989), já o micronutriente Fe apresentou valores elevados com relação àqueles referenciados como apropriados para a produção do tomate.

Diante do exposto, a absorção de micronutrientes para o tomateiro tipo cereja aos 90 DAT foi: Fe>Mn>Zn>Cu.

Quanto ao acúmulo dos micronutrientes nas folhas do tomateiro observou-se na Figura 57 que, a absorção foi similar para Zn, Mn e Cu, já para o ferro houve um incremento bastante significativo no tecido foliar, isso provavelmente aconteceu devido ao excesso desse nutriente nos adubos que serviram de base para o cultivo dos tomateiros, uma vez que o ferro é um elemento fixo e os teores elevados se mostram nas partes mais altas, apesar disso, as concentrações de Fe observadas não foram suficientes para provocar a toxidez das plantas, já que o crescimento dos tomates não foi comprometido.

Figura 57– Porcentagem dos micronutrientes absorvidos no tecido foliar dos tomateiros cultivados nos diferentes tratamentos.



T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC); T2 (CO2 oriundo da P2 com 20%E/10% RC); T3 (CO3 oriundo da P3 com 10%E/20% RC); T4 (CO4 oriundo da P4 com 30%E); T5 (CO5 oriundo da P5 com 30% RC)

Contudo, a absorção dos nutrientes no tecido foliar depende de vários fatores, dentre eles, condições edáficas e climáticas, épocas de desenvolvimento da cultura, condições genéticas da cultivar, taxa de disponibilização de nutrientes provenientes dos adubos orgânicos que pode variar com a constituição química e diversificada do material. No caso da pesquisa o fator que mais influenciou na assimilação dos nutrientes no tecido foliar foi o material diversificado utilizado na formação do adubo em que as plantas foram cultivadas.

5.5.4 Teores de macro e micronutrientes no fruto

De acordo com a análise de variância (Tabela 22) para os teores de macro e micronutrientes nos frutos dos tomateiros cultivados sob diferentes compostos orgânicos, verifica-se efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade nos teores de manganês (Mn). Para as concentrações de potássio (K), cálcio (Ca) e cobre (Cu) observou-se efeito significativo a 1% de probabilidade. Já os teores de nitrogênio (N),

fósforo (P), magnésio (Mg), ferro (Fe) e zinco (Zn) dos frutos não foram influenciados pelos tratamentos.

Tabela 22 – Análise de variância para a nutrição dos frutos dos tomateiros nos diferentes tratamentos coletados durante o ciclo.

FV	GL	Nutrientes –Fruto								
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
Bloco	4	0,78 ^{ns}	0,44 ^{ns}	4,21 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,32 ^{ns}	2,63 ^{ns}	127,67 ^{ns}	11,19 ^{ns}
Tratamento	4	2,14 ^{ns}	0,46 ^{ns}	52,04 ^{**}	1,36 ^{**}	0,05 ^{ns}	8,40 ^{**}	15,98 [*]	179,48 ^{ns}	23,08 ^{ns}
Resíduo	16	2,04	0,26	3,97	0,12	0,02	0,77	4,36	100,88	80,57
Total	24									
CV (%)		10,61	23,99	28,67	19,38	9,66	22,05	14,41	26,19	57,69

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 < p < .05$); ns não significativo ($p > .05$). FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação.

De acordo com o teste de média (Tabela 23) verifica-se a ordem de acúmulo dos nutrientes no fruto. Os macronutrientes mais absorvidos pelos frutos dos tomateiros em todos os tratamentos foram nitrogênio (N) e potássio (K). Esse fato é importante, pois esses nutrientes, segundo Leal (2013), têm grande importância no desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos. O nitrogênio influencia o crescimento, a produtividade e a qualidade nutricional dos frutos de tomate (FERREIRA et al., 2010). O grande valor deste nutriente está associado ao seu papel estrutural, sendo constituinte de proteínas e moléculas de clorofila, além de outros compostos que apresentam importância fotossintética, como nucleotídeos, enzimas e hormônios (MEHMOOD et al., 2012). Já o potássio (K), segundo Ernani et al. (2007), atua na síntese de carboidratos, de proteínas e de ATP, e também na resistência à incidência de pragas e doenças e na permeabilidade das membranas plasmáticas, além de ser responsável pelo amadurecimento uniforme e pelo aumento da acidez do fruto que são características importantes para a qualidade e sabor do fruto (HO; ADAMS apud ABRAHÃO, 2011).

Os outros macronutrientes mais absorvidos foram P, Ca e Mg, em teores diferenciados nos tratamentos.

A ordem de absorção dos macronutrientes N e K encontradas nos frutos do tomateiro são similares às pesquisas de Moreira (2012), quando observou, com o uso de biofertilizante, a nutrição e desenvolvimento de tomate orgânico. Porém, o autor verificou teores mais elevados para os nutrientes P, Ca e Mg, com concentrações de 5,13; 3,77 e 3,63 g Kg⁻¹, respectivamente aos 84 DAT.

Com relação ao efeito significativo dos teores dos nutrientes, observou-se que, somente os teores dos macronutrientes K e Ca nos frutos sofreram influência da diversidade de materiais utilizados em cada pilha que originou os diferentes compostos orgânicos. Verifica-se ainda na Tabela 23 que o tratamento T4, testemunha (CO4 oriundo da P4 com 30% E) se sobressaiu quanto ao acúmulo de K nos frutos, porém, esse tratamento foi similar estatisticamente a T5 (CO5 oriundo da P5 com 30% RC). As menores concentrações de K nos frutos ocorrerem nos tratamentos T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC), T2 (CO2 oriundo da P2 com 20%E/10% RC) e T3 (CO3 oriundo da P3 com 10%E/20% RC), que não diferiram estatisticamente.

Comportamento similar foi encontrado na assimilação de Ca, onde foi constatado maiores teores no tratamento T5, sendo estatisticamente semelhante a T4. Os tratamentos que não diferiram estatisticamente e mostraram teores menores desse nutriente foram T1, T2 e T3.

Nesse contexto, o acontecimento permite completar que, quantidades relativamente altas de esterco bovino e diversidade de materiais empregados na compostagem aumenta a taxa de disponibilidade desses nutrientes nos frutos.

Tabela 23 – Média dos macronutrientes nos frutos do tomateiro cultivados em diferentes tratamentos.

Tratamentos	Macronutrientes g Kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg
T1	14,09a	2,37a	4,28c	1,54bc	1,69a
T2	13,30a	1,82a	5,59bc	1,36c	1,63a
T3	12,51a	2,51a	4,24c	1,28c	1,59a
T4	13,39a	1,99a	11,45a	2,17ab	1,43a
T5	14,09a	1,91a	9,19ab	2,45a	1,49a
dms	2,77	0,98	3,87	0,66	0,29

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC); T2 (CO2 oriundo da P2 com 20%E/10% RC); T3 (CO3 oriundo da P3 com 10%E/20% RC); T4 (CO4 oriundo da P4 com 30%E); T5 (CO5 oriundo da P5 com 30% RC).

Com relação à absorção dos micronutrientes avaliados nos frutos, verifica-se na Tabela 24 que, o ferro se sobressaiu em todos os tratamentos. A maior absorção por ferro nos frutos possivelmente ainda é consequência de teores altos desse micronutriente no tecido foliar.

Constatou-se ainda (Tabela 24) teores próximos quanto à assimilação do manganês (Mn) e zinco (Zn), sendo que o micronutriente Zn não apresentou diferença estatística nos tratamentos, já o Mn foi encontrado em maior quantidade nos frutos cultivados no tratamento T2 (CO2 oriundo da P2 com 20%E/10% RC), sendo esse

similar estatisticamente a T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC), T3 (CO3 oriundo da P3 com 10%E/20% RC) e T5 (CO5 oriundo da P5 com 30% RC). O menor acúmulo de manganês nos frutos foi verificado em T4, testemunha (CO4 oriundo da P4 com 30% E).

O micronutriente menos absorvido pelos frutos foi o cobre (Cu), apresentando nos tratamentos 3,46; 5,13; 4,29; 7,07 e 7,61% em 100% dos micronutrientes assimilados em T1, T2, T3, T4 e T5, respectivamente.

Tabela 24 – Média dos macronutrientes nos frutos do tomateiro cultivados em diferentes tratamentos.

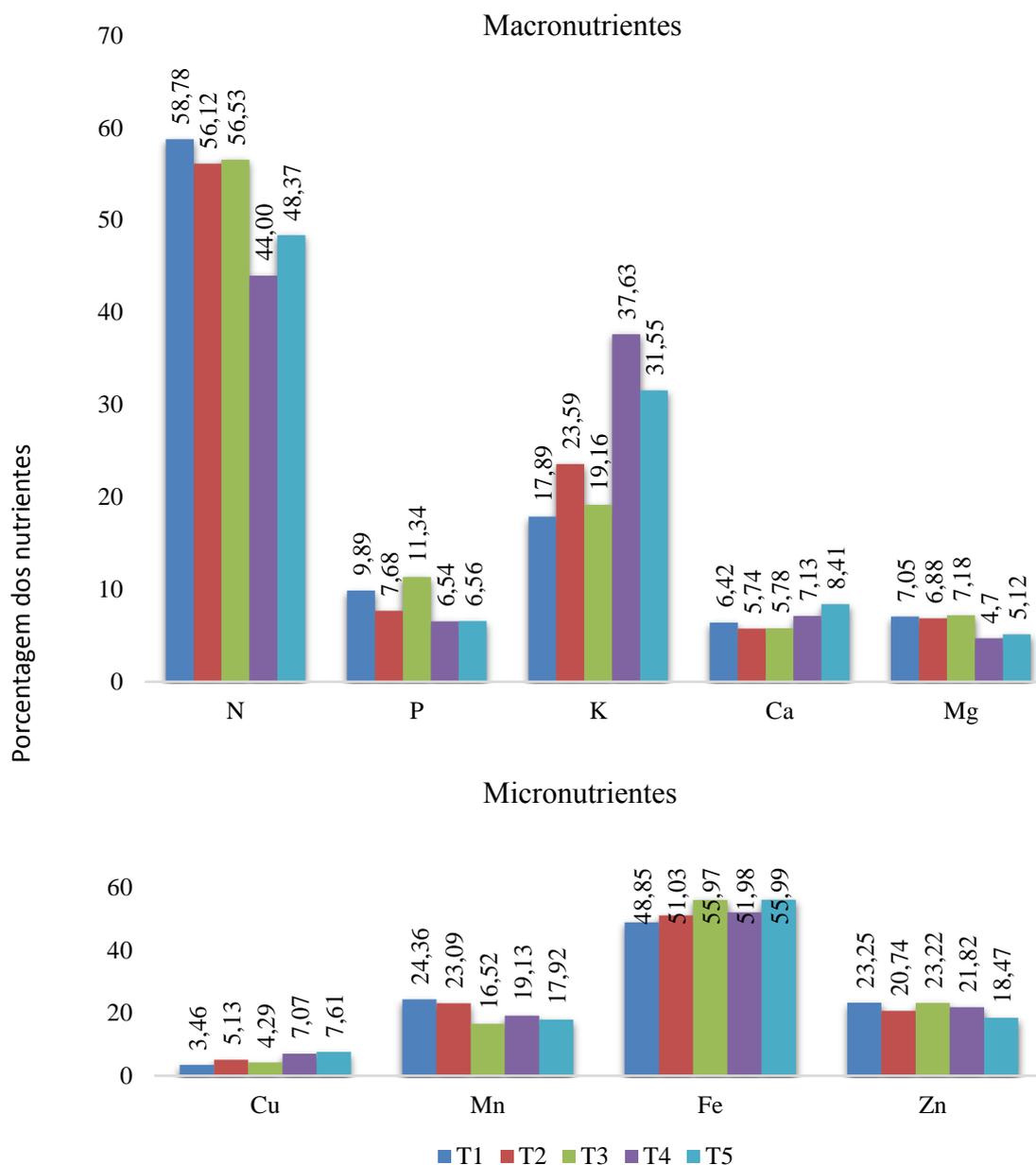
Tratamentos	Micronutrientes mg Kg ⁻¹			
	Cu	Mn	Fe	Zn
T1	2,25c	15,82ab	31,73a	15,15a
T2	3,75bc	16,87a	37,27a	15,15a
T3	3,56bc	13,72ab	46,48a	19,28a
T4	4,64ab	12,55b	34,11a	14,32a
T5	5,73a	13,49ab	42,16a	13,91a
dms	1,71	4,05	19,49	17,42

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC); T2 (CO2 oriundo da P2 com 20%E/10% RC); T3 (CO3 oriundo da P3 com 10%E/20% RC); T4 (CO4 oriundo da P4 com 30%E); T5 (CO5 oriundo da P5 com 30% RC).

De modo geral, a classificação dos teores de nutrientes encontrados nos frutos do tomateiro, neste estudo foi: N>K>P≅Ca≅Mg e Fe>Zn≅Mn>Cu, para os macros e micronutrientes, respectivamente, cujas porcentagens de absorção encontram-se na Figura 58.

Para Guilherme et al. (2014), as diferenças observadas nos teores de nutrientes são devido a variabilidade genética e também condições edáficas e climáticas das áreas de cultivo. Essa variação se reflete no sabor, cor, textura e odor dos frutos e em geral é mais pronunciada em tomates orgânicos, os quais apresentam características organolépticas mais acentuadas que os cultivados em sistema convencional (PINHO et al., 2011; SILVA et al., 2005).

Figura 58 – Porcentagem dos macro e micronutrientes absorvidos nos frutos dos tomateiros durante o ciclo de cultivo nos diferentes tratamentos.



T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC); T2 (CO2 oriundo da P2 com 20%E/10% RC); T3 (CO3 oriundo da P3 com 10%E/20% RC); T4 (CO4 oriundo da P4 com 30%E); T5 (CO5 oriundo da P5 com 30% RC)

5.5.5 Variáveis de pós-colheita

Na Tabela 25 pode ser verificado o resultado da análise de variância para as variáveis de pós-colheita: pH, sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT), dos frutos cultivados nos diferentes compostos orgânicos. Observa-se efeito significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade para as variáveis pH e acidez titulável, respectivamente. Já a variável sólidos solúveis (SS) não apresentou efeito significativo.

Tabela 25 – Análise de variância para as características química de pós-colheita: pH, sólidos solúveis (SS) e acidez titulável.

FV	GL	Características Avaliadas		
		pH	SS (°Brix)	AT (mg K ⁻¹)
Bloco	4	0,002 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,02*
Tratamento	4	0,017*	0,40 ^{ns}	0,03**
Resíduo	16	0,004	0,23	0,01
Total	24			
CV%		1,46	9,08	11,45

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < .05$); ns não significativo ($p > .05$). FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação.

O pH dos frutos nos diferentes tratamentos variou de 4,41- 4,55 (Figura 59), os frutos que mostraram maior acidez foram àqueles cultivados no tratamento T4, testemunha (CO4 oriundo da P4 com 30% E) e T5 (CO5 oriundo da P5 com 30% RC), porém, foram estatisticamente semelhantes aos cultivados em T2 (CO2 oriundo da P2 com 20% E/10% RC) e T3 (CO3 oriundo da P3 com 10% E/20% RC), e esses por sua vez não diferiram dos frutos produzidos no T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC). As médias de pH nos diferentes tratamentos foram bem próximas, e em geral, estão um pouco acima dos valores considerados ideais para tomate cereja, cujos valores desejáveis são inferiores a 4,5 e superior a 3,7 (GIORDANO apud VIEIRA et al., 2013). Essa diminuição na acidez pode ser atribuída ao clima da região, pois segundo SONNENBERG apud (CANDIAN, 2015), em ambientes muito quentes pode haver redução da acidez, já temperaturas baixas e déficit hídrico promovem o aumento da mesma. A redução no pH também pode ser consequência dos frutos maduros usados na análise de acidez, de acordo com Candian (2015), com o amadurecimento do fruto a acidez vai diminuindo, e assim, aumentando o pH. No entanto, a alta ou baixa acidez dos frutos pode não influenciar na venda do produto, de acordo com Nascimento et al. (2013), no comércio de alimentos in natura, as preferências pelas cultivares mais doces ou mais ácidas dependem do hábito alimentar dos consumidores e dos padrões culturais da região.

Valores de pH semelhantes aos encontrados na pesquisa foi observado por Pinho et al. (2011), estudando as propriedades nutricionais de tomates cereja colhidos em diferentes épocas e cultivado em sistema orgânico e convencional obtiveram pH ligeiramente superior para o tomate convencional (4,5 - 4,6).

Quanto a quantificação dos compostos solúveis, foi verificado por meio da análise da variável SS (°Brix) que não houve diferença significativa entre os

tratamentos, a média variou de 4,96 – 5,72 °Brix, esses valores são comparáveis a tomates comuns, cujos valores variam de 4 - 6 °Brix (JUNQUEIRA et al., 2011). Valores baixos podem estar associados, de acordo com Alvarenga (2013) a baixa luminosidade, eliminação de folhas próximas às pencas e colheita dos frutos antes da maturação. No caso da pesquisa, possivelmente a baixa luminosidade pode ter interferido, pois a produção ocorreu em estufa com proteção de 50% luz solar. Valores semelhantes foram encontrados por Pinho (2008), que obteve teor de 4,0 a 6,1 °Brix em mini tomate ‘Carolina’. No entanto, valores maiores aos observados na pesquisa foram encontrados por Abrahão et al. (2014), quando verificou para os híbridos “Sweet Million” teores de 7,4 °Brix e por Takahashi (2014) que também obteve 7,1 para o híbrido “Sweet Grape”.

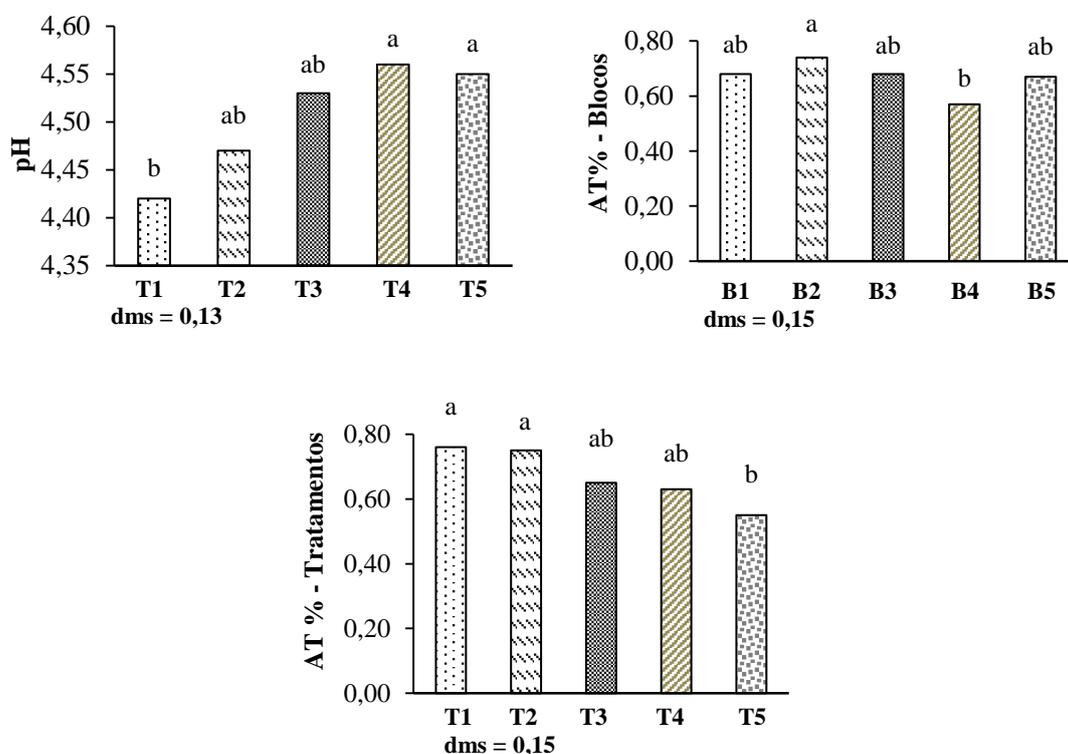
Com relação a variável acidez titulável é relevante sua quantificação nos frutos, pois, segundo Nascimento et al. (2013), essa variante, além de influenciar no sabor dos frutos, demonstra a quantidade de ácidos orgânicos presentes e a adstringência do produto. A Figura 59 mostra as médias da acidez titulável nos blocos e nos tratamentos, já que os frutos mostraram efeito significativo quando cultivados nos diferentes tratamentos e nos blocos.

Nos blocos verifica-se que, os frutos cultivados em B2 apresentaram maiores teores de AT, porém, esses foram semelhantes estatisticamente àqueles cultivados nos blocos B1, B3 e B5, que por sua vez responderam de modo análogo ao bloco B4. Essas diferenças mínimas, no entanto, existentes podem ter sido influência da luminosidade mais frequente em alguns pontos ou alguma falha no sistema de irrigação, favorecendo uma umidade diferenciada. Já nos tratamentos, foram observados maiores teores de AT em T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC) e T2 (CO2 oriundo da P2 com 20% E/10% RC), mas, esses não diferiram significativamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, dos frutos cultivados em T3 (CO3 oriundo da P3 com 10% E/20% RC) e T4, testemunha (CO4 oriundo da P4 com 30% E), que por sua vez, apresentaram o mesmo efeito significativo dos frutos produzidos no tratamento T5 (CO4 oriundo da P4 com 30% RC).

O efeito significativo de AT observado tanto nos blocos como nos tratamentos pode ter sido consequência das fases de colheita dos frutos, pois esses não foram colhidos de uma única vez, tiveram que ser armazenados em câmara de congelamento, portanto, os frutos quando foram dispostos à análise não estavam no mesmo estágio de maturação. Resultados semelhantes foram observados por Casa et al. (2009) quando

avaliava a influência das épocas de colheita na qualidade de tomate cultivado em sistemas alternativos, as autoras observaram que o estágio do ciclo do tomateiro interfere nos parâmetros de qualidade dos frutos, pois a terceira, quarta e quinta colheita foram as que apresentaram maiores valores para os parâmetros de qualidade, com frutos mais firmes. Modificações nos parâmetros de qualidade pós-colheita também foi observada por Paula (2013), quando avaliava a qualidade de genótipos de tomateiro colhidos em diferentes estágios de maturação, essa autora verificou que houve diferença significativa na AT com relação aos estágios de maturação, sendo a acidez titulável influenciada pelos estágios de maturação na colheita.

Figura 59 – Média das variáveis pós-colheita dos frutos nos diferentes tratamentos.



As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC); T2 (CO2 oriundo da P2 com 20%E/10% RC); T3 (CO3 oriundo da P3 com 10%E/20% RC); T4 (CO4 oriundo da P4 com 30%E); T5 (CO5 oriundo da P5 com 30% RC).

Segundo Kader; Mencarelli e Salveit Jr. apud (Mattedi et al. 2011) os frutos de tomate de alta qualidade devem possuir valores de acidez superiores a 0,32%. Nesse contexto, os frutos da pesquisa cultivados nos diferentes compostos orgânicos estão dentro dos valores considerados referência para tomates de alta qualidade.

5.5.6 Variáveis de produção

Na Tabela 26 pode ser verificado o resultado da análise de variância para número de frutos (NFt), peso do fruto (PFt), diâmetro transversal do fruto (DT) e diâmetro longitudinal do fruto (DL). A única variável que apresentou efeito significativo a 5% de probabilidade foi o número de frutos. Não foi observada resposta significativa para as variáveis peso do fruto, diâmetro transversal e diâmetro longitudinal.

Tabela 26 – Análise de variância para as características: número de frutos (NFT), peso do fruto (PFT), diâmetro transversal do fruto (DT) e diâmetro longitudinal do fruto (DL).

FV	GL	QM			
		NFt	PFt	DT	DL
Bloco	4	1267,20 ^{ns}	0,21 ^{ns}	1,09 ^{ns}	0,18 ^{ns}
Tratamento	4	2183,50*	0,54 ^{ns}	0,56 ^{ns}	1,31 ^{ns}
Resíduo	16	603,95	0,36	0,68	0,53
Total	24				
CV %		44,36	7,45	3,83	2,69

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < .05$); ns não significativo ($p > = .05$). FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação.

O efeito significativo no número de frutos nos tratamentos (Tabela 26) pode ser atribuído à influência da proporção de esterco e resto de comida, bem como na variedade dos resíduos alimentares incorporados às pilhas, resultando nos diferentes compostos. Já o peso médio dos frutos e consequentemente o diâmetro transversal e longitudinal não sofreram tal influência, assim, pode-se dizer que, os frutos cultivados em todos os tratamentos apresentaram uniformidade (Tabela 27).

Tabela 27 – Média das variáveis peso do fruto (PFt), diâmetro transversal (DT) e diâmetro longitudinal (DL).

Tratamentos	PFt(g)	DT (mm)	DL (mm)
T1	7,89	21,47	27,3
T2	8,42	21,69	27,31
T3	7,61	21,12	26,26
T4	8,27	22,01	27,51
T5	8,25	21,75	27,43

T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC); T2 (CO2 oriundo da P2 com 20%E/10% RC); T3 (CO3 oriundo da P3 com 10%E/20% RC); T4 (CO4 oriundo da P4 com 30%E); T5 (CO5 oriundo da P5 com 30% RC).

Segundo Fernandes et al (2007), os frutos colhidos no experimento podem ser classificados em pequenos com relação ao peso (entre 5 -10 g) e médios quando se compara o diâmetro (25-30 mm). Já para Holcman (2009), o tamanho dos frutos é uma característica genética, sendo o resultado final decorrente dessa característica associada às condições ambientais e nutricionais.

O tamanho dos frutos do experimento está de acordo com os encontrados por: Silva et al. (2011), quando avaliava linhagens de tomate cereja tolerantes ao calor sob sistema orgânico de produção, verificou peso médio dos frutos semelhantes para três linhagens, CH151, CH152 e CH157; Holcman (2009) quando avaliava o micrograma e produção de tomate tipo cereja em ambientes protegidos com diferentes coberturas plásticas, verificou diâmetros idênticos para duas cultivares diferentes e Meyrelles (2013), quando analisou a polinização do tomate cereja por abelhas nativas em cultivo protegido, observou que na autopolinização (caso análogo á pesquisa) o peso médio dos frutos foi 7,54 g e o diâmetro foi em média 2,33 cm. No entanto, a autora indagou que, os frutos polinizados apresentam melhores resultados com relação às variáveis de produção.

É relevante salientar que nesta pesquisa não houve polinização das flores, talvez esse ocorrido possa ter levado ao abortamento das mesmas, como consequência muitas flores não chegam a produzir frutos. Para Alvarenga (2013), locais de baixa umidade, como ocorre em cultivo protegido, às temperaturas costuma ser mais elevadas, provocando aumento da taxa de transpiração, fechamento dos estômatos, redução da polinização e abortamento das flores, e com isso, obtêm-se baixas produtividades.

A estimativa da produtividade média da cultura para cada tratamento (tabela 28) foi calculada a partir do espaçamento utilizado nesta pesquisa. A maior produtividade média foi obtida no tratamento T5 com aproximadamente 26 t ha⁻¹, podendo possivelmente ser atribuída à diversidade de resíduos orgânicos utilizados na composição da pilha que conferiu a formação do composto utilizado nesse tratamento. Esse aumento na produção com relação à variedade de materiais também foi observado por Costa et al. (2015), verificou que substratos compostos por mistura de quatro materiais diferentes favoreceu a maior formação de frutos por planta e produção do cultivar tomate cereja.

Na Tabela 28 também se observa que os tratamentos T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC), T2 (CO2 oriundo da P2 com 20%E/10% RC) e T4, testemunha (CO4 oriundo da P4 com 30% E) apresentaram desempenhos semelhantes quanto à

produtividade, provavelmente devido o incremento do esterco bovino à composição das pilhas que formaram os compostos orgânicos utilizados nesses tratamentos. Já a menor produtividade média foi apresentada pelo tratamento T3 (CO3 oriundo da P3 com 10%E/20% RC) com 7,88 t ha⁻¹, esse ocorrido possivelmente foi devido à combinação de uma menor porcentagem de esterco com uma composição não diversificada de resíduos alimentares na pilha que formou esse composto orgânico, isso deve ter influenciado as condições nutricionais do composto e, portanto, a disponibilidade de nutrientes, favorecendo uma menor produtividade. Portanto, pode-se inferir que a diversidade de material orgânico foi o fator mais significativo na produtividade.

Tabela 28 – Estimativa de produção: número de frutos (NFt) e peso em t ha⁻¹ e kg m⁻².

Tratamentos	Produtividade		
	NFt (ha ⁻¹)	t ha ⁻¹	Kg m ⁻²
T1	381.428	14,99	1,49
T2	398.565	16,39	1,64
T3	208.568	7,88	0,79
T4	364.280	15,19	1,52
T5	625.704	26,00	2,60

T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC); T2 (CO2 oriundo da P2 com 20%E/10% RC); T3 (CO3 oriundo da P3 com 10%E/20% RC); T4 (CO4 oriundo da P4 com 30%E); T5 (CO5 oriundo da P5 com 30% RC).

Resultados semelhantes com relação à produtividade foi observado por Souza et al. (2012), quando avaliava o rendimento produtivo de tomate cereja a partir do uso de água residuária piscicultura e adubação com esterco bovino. Os autores destacaram que tiveram uma boa produção com 0,525 e 0,4625 kg m² em dois meses. Matos et al. (2015), verificaram médias condizentes para o peso do fruto por planta quando avaliava a adubação orgânica em substituição a fertilização química no tomate cereja sob diferentes níveis de reposição da evapotranspiração. Os autores observaram que o maior peso de frutos foi verificado na adubação com húmus de minhoca, que diferiu significativamente dos demais tipos de adubação, com média de 142,0 g planta⁻¹ e na adubação com NPK esse valor decresceu cerca de 24,0 g planta⁻¹ em relação ao tratamento com húmus e as plantas cultivadas sem adubação (testemunha) produziram apenas 39,4 g planta⁻¹ de frutos.

Resultados inferiores foram verificados por Dantas (2010) quando observou o efeito de logo de esgoto como fonte alternativa de nutrientes para o cultivo do tomateiro cereja, o autor obteve valores entre 16 a 30 g de fruto por planta; Guedes et al (2015) analisando estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente

protegido e considerando a população 13.333 plantas por hectare com espaçamento adotado (1,5 x 0,50 m), obtiveram produtividades médias de 4,39; 1,68; 3,17; 3,31; 2,73 e 2,23 t ha⁻¹. Os autores destacaram que esses valores eram baixos em relação ao potencial da cultura.

Com relação a avaliações da Associação Brasileira de Horticultura (ABH, 2016), pesquisas despontadas indicam que em campo aberto as produtividades podem alcançar de 40 a 60 toneladas por hectare para os tomates cerejas, e em estufas, pode-se chegar a produtividades entre 130 a 150 toneladas por hectare quando o período de cultivo se prolonga por até um ano. No entanto, segundo Carlos Junior (2016), a produtividade do tomateiro depende de sua capacidade genética e do tempo de produção. Para o autor o tomateiro é uma planta perene, ou seja, se as condições ambientais forem adequadas, ele não morre. Produz indefinidamente.

Nesse contexto, percebe-se que, além da composição diversificada do substrato, vários fatores podem influenciar na produtividade, respondendo de modo significativo ou não, dentre eles: condições climáticas da região, umidade, frequência de irrigação, qualidade de água, potencial genético da cultura e espaçamento entre plantas cultivadas. Azevedo (2010), cultivando tomate cereja sob manejo orgânico e avaliando diferentes espaçamentos entre plantas com duas cultivares, observou que a produtividade foi superior em 4,3% quando utilizou o espaçamento entre linhas de 1,5 m e 0,4 m entre plantas, já o espaçamento de 1,5 m entre linhas e 0,5 m foi 3,9% superior à do plantio com 0,8 m entre plantas, embora não significativas estatisticamente. Corroborando com o autor, Mueller (2009) afirma que espaçamento interfere no crescimento da planta, pois quanto maior for a densidade de plantas maior será o comprimento entre os internódios, pois a planta irá buscar a luz. Costa (2015), observando a influência dos ambientes e substratos na formação de mudas e produção de frutos de cultivares de tomate cereja, verificou produtividade baixa nos meses de altas temperaturas. O autor ressaltou a importância de se fazer estudos em regiões de temperaturas elevadas.

Outras pesquisas mostraram produtividades superiores às apresentadas no estudo. Rocha et al (2009), observando a divergência genética entre acessos de tomateiro do grupo cereja, notou que 19 acessos não diferiram em relação à produção total, produzindo os maiores valores em peso por planta com 31,17 e 26,33 kg planta⁻¹; Rodriguez et al (2015), avaliando o crescimento e a produtividade de tomate cereja em sistema hidropônico, verificou uma produção semanal de até 32 Kg de frutos comerciais. Porém, a produtividade superior destes estudos pode ter sido diferente da

pesquisa devido a influências de combinação genética e concentrações maiores de nutrientes disponíveis na solução nutritiva.

5.5.7 Análise microbiológica do fruto

A qualidade microbiológica dos frutos do tomate cereja foi avaliada através de análises de Salmonella, coliformes totais e coliformes termotolerantes. Entretanto, de acordo com Ferreira et al. (2015) não existem parâmetros microbiológicos para alimentos provenientes de cultivo orgânico. Dessa forma, adota-se como referência a RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001), que dispõe sobre os limites microbiológicos para frutas e hortaliças in natura. Segundo essa regulamentação, as hortaliças in natura podem apresentar até 10^2 NMP.g⁻¹ de coliformes totais e ausência de Salmonella em 10 g de matéria seca. Ainda que a regulamentação seja atribuída a hortaliças sob condições convencionais, utilizam-se os mesmos critérios para avaliar as condições microbiológicas de hortaliças orgânicas, devido à ausência de parâmetros para alimentos provenientes de cultivo orgânico.

Segundo Arbos (2010), a avaliação desses patógenos em alimentos é relevante, uma vez que, alimentos comercializados como orgânicos devem atender a especificações exigidas para a certificação, a qual não admite que o esterco animal seja usado antes de sua correta compostagem. O autor ainda ratifica que, a produção de alimentos deve seguir práticas que resultem em produtos seguros para serem consumidos tanto para o sistema orgânico de cultivo, como para o convencional.

Observa-se na Tabela 29 que, a presença de Salmonella não foi detectada nas amostras de tomate cereja em nenhum dos tratamentos, esse resultado é satisfatório, pois de acordo com Ferreira et al (2015), a presença deste patógeno é inaceitável em alimentos devido ao alto risco para a saúde.

Com relação à contagem de coliformes termotolerantes foram verificados (Tabela 29) valores inferiores ao máximo permitido para hortaliças, estando em acordo com o exigido pela legislação vigente. Já para contagem de coliformes totais não existe especificações exigidas com valores referenciais, no entanto, pode-se inferir que, os frutos cultivados em todos os tratamentos apresentaram alto padrão sanitário devido os valores estarem abaixo do que é estabelecido pela legislação vigente para coliformes termotolerantes.

Tabela 29 – Resultados da avaliação de agentes patogênicos nos frutos de tomate cereja cultivados em diferentes compostos orgânicos

TRATAMENTOS	Análises Microbiológicas		
	Coliformes totais (NMP g ⁻¹)	Coliformes termotolerantes (NMP g ⁻¹)	<u>Salmonella</u>
T1	< 3,0	< 3,0	Ausente
T2	< 3,0	< 3,0	Ausente
T3	< 3,0	< 3,0	Ausente
T4	< 3,0	< 3,0	Ausente
T5	< 3,0	< 3,0	Ausente
BRASIL (2001) RDC nº 12/2001	-	10 ²	Ausente

T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC); T2 (CO2 oriundo da P2 com 20%E/10% RC); T3 (CO3 oriundo da P3 com 10%E/20% RC); T4 (CO4 oriundo da P4 com 30%E); T5 (CO5 oriundo da P5 com 30% RC).

Vale salientar que, mesmo nos tratamentos que continham maiores concentrações de esterco bovino, T1 (CO1 oriundo da P1 com 15% E/15% RC), T2 (CO2 oriundo da P2 com 20%E/10% RC), T2 e T4 (CO4 oriundo da P4 com 30% E), os frutos não apresentaram contaminação por agentes patogênicos, não havendo crescimento bacteriano, constatando-se amostras de tomates cereja isentas de bactérias. Possivelmente a ausência de contaminação nos compostos orgânicos influenciou na não detecção de patógenos nos frutos.

Resultados semelhantes foi observado por Ferreira et al. (2010), quando avaliaram a qualidade pós-colheita do tomate de mesa convencional e orgânico, os autores verificaram que não foi detectada a presença de salmonela em 25 g, coliformes fecais e coliformes totais. Souza et al. (2010) também verificaram condições satisfatórias para a comercialização de frutos de tomate de mesa produzidos com efluente do tratamento preliminar da água residuária da suinocultura.

Segundo Bourn apud (SOUZA et al., 2012), seguindo-se boas práticas agrícolas que minimizem os riscos de contaminação biológica, não há evidências de que os alimentos orgânicos sejam mais suscetíveis à contaminação microbiológica quando comparados aos sistemas convencionais. Portanto, os alimentos orgânicos e os convencionais estão sujeitos ao mesmo nível de risco.

Os resultados permitem afirmar que a aplicação de esterco bovino e restos alimentares na compostagem, em pequena escala, não alterou a qualidade microbiológica dos compostos e concomitantemente dos tomates cultivados, resultando

na produção de frutos saudáveis. Isso favorece o sistema de produção orgânica como um potencial de mercado e uma alternativa econômica para os produtores familiares.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Os resíduos utilizados na construção das pilhas mostraram ser satisfatórios na compostagem em pequena escala, surgindo como uma iniciativa e meio de reciclagem dos resíduos sólidos biodegradáveis, já que todos os compostos apresentaram temperaturas altas e por período prolongado durante o processo intermediário da compostagem.
2. Os parâmetros físico-químicos como temperatura, umidade, pH, COT, NT e relação C/N mostraram estar dentro dos parâmetros de qualidade para produtos que se destinam à insumos agrícolas como fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes destinados a agricultura.
3. Os resultados referentes aos macros e micronutrientes analisados foram satisfatórios para garantir que os compostos produzidos são de boa qualidade e que podem ser utilizados como fontes de nutrientes para o solo.
4. Os teores de contaminantes químicos avaliados foram bem inferiores aos estabelecidos nas principais legislações europeias, americanas e Instruções Normativas brasileiras vigentes que informa os parâmetros de qualidade dos compostos orgânicos que terão aplicações como fertilizantes e condicionadores de solo, incluindo aplicações agrícolas, de jardinagem e de paisagismo.
5. Os compostos produzidos sofreram uma completa decomposição microbiana, implicando na redução significativa e/ou remoção de agentes microbiológicos contaminantes, apresentando ausência de coliformes totais, termotolerantes e Salmonella.
6. Os compostos orgânicos produzidos podem ser utilizados como corretivos para solos ácidos com o intuito de reduzir a acidez potencial e o alumínio, aumentando os teores de matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes.
7. A constituição química e diversificada do material utilizado na produção dos compostos orgânicos influenciou para obtenção de maiores médias nas

variáveis de crescimento (número de folhas, área foliar e matéria fresca da parte aérea), na produtividade e na disponibilidade dos nutrientes para o tecido foliar e para o fruto da cultivar tomate cereja.

8. As variáveis de produção (peso médio dos frutos, diâmetro transversal e longitudinal) não sofreram influência da proporção de esterco bovino e restos de comida incorporados às pilhas, bem como da variedade dos resíduos alimentares utilizados, proporcionando a uniformidade dos frutos.
9. Os teores de sólidos solúveis não foram influenciados pela composição diversificada do material utilizado na produção dos compostos orgânicos.
10. Os frutos cultivados nos diferentes compostos orgânicos proporcionaram uma acidez titulável dentro dos valores considerados referência para tomates de alta qualidade.
11. O fator que mais influenciou de modo positivo na assimilação dos nutrientes no tecido foliar e no fruto nesta pesquisa foi o material diversificado (restos de comida) utilizado na formação do adubo em que as plantas foram cultivadas.
12. A maior fitomassa e produtividade média foi obtida no tratamento T5, onde foi utilizado maiores quantidades de resíduos alimentares.
13. A produção orgânica do tomate cereja em ambiente protegido foi satisfatória por resultar em um produto isento de deficiência nutricional, apresentando frutos uniformes e saudável devido à ausência de patógenos.
14. De modo geral, a compostagem com resíduos alimentares e podas de árvores foi considerada a mais satisfatória devido a produção de um composto que demonstrou a maior resposta na fitomassa e na produtividade do tomate cereja, surgindo como uma forma de reciclar esse resíduo orgânicos reduzindo a quantidade de destinada aos aterros sanitários e portando os impactos ambientais do descarte inadequado.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Através da pesquisa constatou-se a viabilidade da realização do processo de compostagem com resíduos vegetais (podas de árvores), esterco bovino e resíduos orgânicos domiciliares (arroz, feijão, cascas de frutas, verduras e legumes) em pequena escala. Porém, visando a obtenção de maiores informações, visto a importância da aplicação da técnica de compostagem no reaproveitamento desses resíduos faz-se necessário a realização de alguns trabalhos, são eles:

- a) Fazer uma relação entre a quantidade de matéria prima utilizada no processo de compostagem e o produto final obtido como composto;
- b) Avaliar o processo de compostagem em pilhas com outros tipos de resíduos, a exemplo o percolato de lixo orgânico proveniente de aterro sanitário, visando sua aplicação na agricultura orgânica;
- c) Realizar o processo de compostagem utilizando os resíduos gerados no restaurante universitário da Universidade Federal do Rio Grande do Norte;
- d) Realizar análises que forneçam informações sobre a presença de biomassa microbiana e de enzimas que podem predizer o tipo de nutriente que será disponibilizado em solução para as plantas, a partir do uso dos compostos orgânicos oriundos da técnica da compostagem.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, C. **Relação k:Ca:mg na solução nutritiva para o cultivo de mini tomate em substrato**. 2011. 86 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu, 2011. Disponível em: <www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0616.pdf> Acesso em: 07 ago. 2016.
- ABRAHÃO, C.; VILLAS BOAS, R. L.; BULL, L. T. Relação K:Ca:Mg na solução nutritiva para a produção de minitomate cultivado em substrato. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 2, p. 214-224, 2014.
- AGRIANUAL: **anúário da agricultura brasileira**. 1. ed. São Paulo: FNP, 2010
- ALLGANER, K.; DE PAOLI, M. A.; SPINACÉ, M. A. S. Gerenciamento de resíduos sólidos em unidade de posto revendedor de combustíveis. In CONGRESSO INTERNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14.2006, Campinas. **Anais...**Campinas: UNICAMP, 2006.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of the Association of the Agricultural Chemists. Washington, 15 th, Ed. 1990, 2v.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Viçosa: Editora UFV, 2004. 302 p.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: Produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: Editora UFLA, 2013, 455 p.
- AMBROSANO, Edmilson José; CANTARELLA, Heitor; AMBROSANO, Gláucia Maria Bovi; SCHAMMAS, Eliana Aparecida; DIAS, Fábio Luis Ferreira; ROSSI, Fabrício Rossi; TRIVELIN, Paulo Cesar Ocheuze; MURAOKA, Takashi; SACHS, Raquel Castellucci Caruso; AZCÓN, Rozario. Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p.810-818, 2011.
- ANTONIOLLI, Zaida Inês; STEFFEN, Gerusa Pauli Kist; STEFFEN, Ricardo Bemfica. Utilização de casca de arroz e esterco bovino como substrato *Eisenia fétida* Savigny (1826). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 824-830, maio/jun. 2009.
- ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resultado do monitoramento de agrotóxicos em alimentos**. 2013. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/d480f50041ebb7a09db8bd3e2b7e7e4d/Relat%C3%B3rio%20BPARA%202011-12%20B-%202B30_10_13_1.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 09 fev. 2015.
- ARAÚJO, E. R.; PEREIRA, R. C.; FERREIRA, M. A. S. V.; CAFÉ-FILHO, A. C.; MOITA, A. W.; QUEZADO-DUVAL, A. M. Effect of temperature on pathogenicity components of tomato bacterial spot and competition between *Xanthomonas perforans* and *X. gardneri*. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 914, p. 39-42, 2011. Disponível em: <http://www.actahort.org/books/914/914_3.htm>. Acesso em: 14 jun. 2016.

- ARAÚJO, J. B. S.; FONSECA, M. F. de A. C. (Ed.). Agroecologia e Agricultura Orgânica: cenários, atores, limites e desafios – uma contribuição do CONSEPA. Vitória: CONSEPA, 2004. p. 23–45.
- ARBOS, K. A.; FREITAS, R. J. S. D.; STERTZ, S. C.; CARVALHO, L. A. **Segurança alimentar de hortaliças orgânicas: aspectos sanitários e nutricionais.** Ciencia Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 30, p.215-220, mai. 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil.** ABLELPE, 2014. 118 p. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HORTICULTURA. **Tomate cereja – Sabor e rentabilidade no mesmo produto.** Viçosa: ABH, 2016. Disponível em:<<http://www.abhorticultura.com.br/News/Default.asp?id=4864>>. Acesso em: 09 out. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: **Resíduos Sólidos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p.
- AZEVEDO, M. A. **Estudo e Avaliação de quatro modos de aeração para sistemas de compostagem em leiras.** Belo Horizonte. Escola de Engenharia da UFMG. (Dissertação de Mestrado).- Universidade Federal de Minas Gerais, 1993. 203 p. 70
- AZEVEDO, V. F. de; ABOUD, A. C. S.; CARMO, M. G. F. Row spacing and pruning regimes on organically grown cherry tomato. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 389-384, oct./dez. 2010.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica.** In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.7-18.
- BERNARDI, F. H. **Uso do processo de compostagem no aproveitamento de resíduos de incubatório e outros de origem agroindustrial.** Cascavel: Unioeste, 2011. 78 p.
- BERTON, R. S.; PIRES, A. M. M.; ANDRADE, S. A. L. de; ABREU, C. A. de; AMBROSANO, E. J.; SILVEIRA, A. P. D. da. Toxicidade do níquel em plantas de feijão e efeitos sobre a microbiota do solo . **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.41, n. 8, p.1305-1312, ago. 2006.
- BOURN, D.; PRESCOTT, J. A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. **Crit Rev Food Sci Nutr.** 2002;42(1):1–34.
- BRASIL. **Resolução nº 12 de 2001** da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <<https://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelinck.php?numlink=1-9-34-2001-01-02-12>>. Acesso em 02 set. 2016.

BRASIL. **Decreto nº 4.954, de 2004**. Regulamenta a Lei n.º 6.894 que estabelece as normas gerais sobre registro, padronização, classificação, inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura. Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 dez. 2010. Seção 1, p. 3

BRASIL. **Instrução Normativa n º 23/2005**. Dispõem das definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura, Brasil, Brasília, DF, 2005. Disponível em:<
[http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/arquivos/instrucoes_normativas/in_23_05\[1\].pdf](http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/arquivos/instrucoes_normativas/in_23_05[1].pdf)>. Acesso em 03 jun. 2015.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 27, de 5 de junho de 2006**. Dispõe sobre fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes, para serem produzidos, importados ou comercializados, deverão atender aos limites estabelecidos nos Anexos I, II, III, IV e V desta Instrução Normativa no que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2006 , 15p.

BRINGHENTI, Jacqueline R.; GÜNTHER, Wanda M. Risso. Participação social em programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. **Eng Sanit Ambient**, Vitória ES, v. 16, n. 4, p. 412-430, outubro/dez. 2011.

BRITO, L. M.; AMARO, A. L.; MOURÃO, I.; COUTINHO, J. Compostagem da fração sólida do chorume com palha de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) ou tojo (*Ulex europaeus* L.). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 33, p. 267-276, 2010.

BRITO, M. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato**. Aracajú: UNIT, 2008. 124p.

BULCÃO, Lúcia Grando; ALBANO, Helton Assis. O gerenciamento de resíduos sólidos na Região Metropolitana II do Estado do Rio de Janeiro. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 75-85, maio/ago. 2010.

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 nov. 2015.

CAETANO, M. I. **Micro-organismos eficientes (EM's) na compostagem de palha de 368 cana-de-açúcar e esterco bovino**. 2014. 70 p. Trabalho de graduação (Curso Superior de Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014. Disponível em:
<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2497/1/LD_COEAM_2013_2_19.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2016.

CANCELADO, S. V. **Avaliação da qualidade microbiológica de um composto produzido a partir de resíduos animais e vegetais**. 2014. 67p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Unesp, Jaboticabal, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/113758/000802609.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 08 ago. 2016.

CANDIAN, J. S. **Tipos de condução de hastes na produção e na qualidade de mini tomate em manejo orgânico**. 2015. 58 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu, 2015. Disponível em: <<http://200.145.6.238/bitstream/handle/11449/126457/000842948.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 07 ago. 2016.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia e extensão rural: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável**. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA. 2004.

CARLOS JUNIOR, R. Manejo do tomate em vaso dentro de estufa. **Hortifruit**, 2016. Disponível em: < <http://www.revistacampoenegocios.com.br/manejo-do-tomate-em-vaso-dentro-de-estufa/>>. Acesso em: 09 out. 2016.

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

CASA, J.; EVANGELISTA, R. M. Influência das épocas de colheita na qualidade de tomate cultivado em sistemas alternativos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, suplemento 1, p. 1101-1108, 2009.

CASTILLO, Hugo; HERNÁNDEZ, Adriana; DOMÍNGUEZ, David; OJEDA, Damaris. Effect of Californian Red Worm (*Eisenia foetida*) on the Nutrient Dynamics of a Mixture of Semicomposted Materials. **Agricultura Técnica**, v. 70, n. 3, p. 465-473, julho/set. 2010.

CAVALCANTI, C. R.; SOUZA, F. C. S.; ALVES, G. S. Estudo do gerenciamento da coleta seletiva dos resíduos sólidos no município de Mossoró-RN. **HOLOS**, Rio Grande do Norte, v. 4, n. 27, p. 51-64, maio/jun. 2011.

CERRI, C. E. P.; OLIVEIRA, E. C. A. de; SARTORI, R. H.; GAECEZ, T. B. **Compostagem**. Piracicaba, 19 p. 2008.

CLEMENTE, F. M. V. T. **Influência dos fatores climáticos na produtividade e no teor de sólidos solúveis de híbridos do tomateiro para processamento industrial no estado de Goiás**. Outubro de 2010. 90 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

CONCEIÇÃO, P. S. **Avaliação da tratabilidade da cama de frango por processos aeróbios de compostagem visando sua reutilização**. 2012. 73 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012. Disponível em:

<<http://locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3770/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 07 set. 2016.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº 308, Ministério do Meio Ambiente**, Brasília, 2002. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3&ano=todos>>. Acesso em 02 jul. 2016.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Proposta de Resolução 02/2016, Ministério do Meio Ambiente**, Brasília, 2016. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/processo.cfm?processo=02000.001228/2015-37>>. Acesso em 02 jul. 2016.

CORRÊA, André Luiz; ARAÚJO, Maria do Carmo de; AGUIAR, Fernandes Luiz Augusto de. **Manual técnico**, 36 ISSN 1983-5671. Produção de tomate sob manejo orgânico. Niterói-RJ, 2012. 71

COSTA, E.; SANTO, T. L. E.; SILVA, A. P.; SILVA, L. E.; OLIVEIRA, L. C.; BENETT, C. G. S.; BENETT, K. S. S. Ambientes e substratos na formação de mudas e produção de frutos de cultivares de tomate cereja. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 110-118, 2015.

DANTAS, J. D. de M. **Uso de lodo de esgoto como fonte alternativa de nitrogênio para o cultivo do tomateiro cereja (*Lycopersicon esculentum* sp)**. 2010. 51 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, 2010. Disponível em: <<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=911221&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22DANTAS,%20J.%20D.%22&qFacets=autoria:%22DANTAS,%20J.%20D.%22&sort=autoria-sort&paginaAtual=1>>. Acesso em: 29 set. 2016.

DOMÍNGUEZ, Jorge; GÓMEZ-BRANDÓN, Maria. Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. **Acta Zoológica Mexicana**, Cidade do México, v. 26, n. 2, p. 309 - 320, 2010.

DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. **Química Nova**, v. 36, n. 5, p. 640-645, 2013.

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

ERNANI, P. R; ALMEIDA, J. A; SANTOS, F. C. 2007. **Potássio**. In: NOVAIS RF; ALVAREZ VH; BARROS NF; FONTES RLF; CANTARUTTI RB; NEVES JCL. Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS/UFV. p. 551-594

FALCÃO, J.V.; LACERDA, M.P.C.; MENDES, I.C.; LEÃO, T.P.; CARMO, F.F. Qualidade do solo cultivado com morangueiro sob manejo convencional e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, n. 4, p. 450-459, 2013.

FAO – Food and Agriculture Organization. Databases. Statistics at FAO. Washigton. 2014. Disponível em:<<http://www.fao.org/statistics/en/>> Acesso em: 6 fev. 2015.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Classificação de tomate-cereja em função do tamanho e peso dos frutos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 275-278, 2007.

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

FERREIRA, A. B.; ALVARENGA, S. H. F.; SÃO JOSÉ, J. F. B. Qualidade de frutas e hortaliças orgânicas comercializadas em feiras livres. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 74, n. 4, p. 410-419, 2015.

FERREIRA, Alex Rodrigues; CAMACHO, Ramiro Gustavo Valera; ALCÂNTARA NETO, Antônio Queiroz. Avaliação e diagnóstico ambiental dos resíduos sólidos gerados no município de Mossoró/RN. **GEOTemas**, Pau dos Ferros, v. 2, n. 2, p. 55-67, julho/dez. 2012.

FERREIRA, S. M. R.; QUADROS, D. A.; KARKLE, E. N. L.; LIMA, J. J.; TULLIO, L. T.; FREITAS, R. J. S. de. Qualidade pós-colheita do tomate de mesa convencional e orgânico. **Revista Ciência Tecnologia Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 858-864, 2010.

FIGUEIREDO, R. T.; GUISTEM, J. M.; CHAVES, A. M. S.; AGUIAR JÚNIOR, R. A.; SILVA, A. G. P.; PAIVA, J. B. P.; SANTOS, F. N dos. Relação entre a área foliar, número de folhas e biomassa seca e fresca da planta de rúcula. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, 2010.

FONSECA, L. H. A. Reciclagem: o primeiro passo para a preservação ambiental. **Revista Científica Semana Acadêmica**, v. 1, n. 36, 2013. Disponível em:<<http://semanaacademica.org.br/artigo/reciclagem-o-primeiro-passo-para-preservacao-ambiental>> Acesso em 10 nov. 2016.

FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. Cultura do tomate. In: FONTES, P. C. R. (Ed.). **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 457- 475.

FRANÇA, J. R.; RODRIGUES, A. C.; FLORES, C. E. B.; BORTH, R.; BARROS, G.; PRETTO, P. P.; BORBA, W. F.; KEMERICH, P. D. C. Tratamento de resíduos orgânicos provenientes de restaurante universitário: decomposição biológica monitorada. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n. 1, p. 2920-2927, 2014.

GAMEIRO, A. H.; CAIXETA-FILHO, J. V.; ROCCO, C. D.; RANGEL, R. Estimativas de perdas no suprimento de tomates para processamento industrial no estado de Goiás. **Informações Econômicas**, SP, v. 37, n. 7, jul. 2007.

GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C.; BARBOSA, V. **Escolha de cultivares e plantio. Tomate para processamento industrial**. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Brasília, 2000, 168 p.

GRANDE, L.; LUZ, J.M.Q.; MELO, B.; LANA, R.M.Q.; CARVALHO, J.O.M. O cultivo protegido de hortaliças em Uberlândia-MG. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 241-244, 2003. 72.

GUEDES, R. A. A.; OLIVEIRA, F. de A.; ALVES, R. de C.; MEDEIROS, A. S.; GOMES, L. P.; COSTA, L. P. Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.19, n. 10, p. 913-919, 2015.

GUILHERME, D. de O.; PINHO, L. de; CAVALCANTI, T. F. M.; COSTA, C. A. da; ALMEIDA, A. C. de. Análise sensorial e físico-química de frutos tomate cereja orgânicos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 1, p. 181-186, jan./mar. 2014.

GUILHERME, D. O.; PINHO, L.; COSTA, C. A.; ALMEIDA, A. C.; PAES, M. C. D.; RODRIGUES, R. J. A.; CAVALCANTI, T. F. M.; TELES FILHO, S. C.; MENEZES, J. B. C.; SALES, S. S. Análise sensorial e físicoquímica em frutos de tomate cereja orgânicos. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p.171-175, 2008.

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

HECK, K.; MARCO, E. G. de; HAHN, A. B. B.; KLUGE, M.; SPILKI, F. R.; SANDRA, S.; VAN DER SAND, S. T. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n. 1, p. 54-59, 2013.

HO, L. C.; ADAMS, P. Nutrient uptake and distribution in relation to crop quality: Hydroponic and transplant production. **Acta Horticultrae**, Leuven, n. 396, p. 33-44, 1995

HOLCMAN, E. **Micrograma e produção de tomate tipo cereja em ambientes protegidos com diferentes coberturas plásticas**. 2009. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Superior de Agrícola “Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009. Disponível em: <file:///C:/Users/Daianne/Downloads/Ester_Holcman.pdf>. Acesso em: 07 out. 2016.

HUANG, G. F; WU, Q. T; WONG, J. W. C; NAGAR, B. B. Transformation of organic matter during composting of pig manure with sawdust. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 1834-1842, 2006.

HAAG, H. P.; DECHEN, A. R.; CARMELLO, Q. Q. C.; MONTEIRO, F. A. Princípios de nutrição mineral: aspectos gerais. 1993. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS. **Anais...** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. p. 51-73. IAL (INSTITUTO ADOLFO LUTZ). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. São Paulo: IAL, 2008. 1018 p.

IBD. **Certificações**. 2011. Disponível em: <http://www.ibd.com.br/pt/NoticiasDetalhes.aspx?id_conteudo=48> Acesso: 27 mai. 2016.

IBD. **Certificações. 2015.** Disponível em :< <http://ibd.com.br/pt/IbdOrganico.aspx>>
Acesso em: 27 mi. 2016.

IBD. **Certificações 2016.** Disponível em <
http://ibd.com.br/pt/NoticiasDetalhes.aspx?id_conteudo=356. Acesso: 07 jun. 2016.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manejo de resíduos sólidos.** 2014. Disponível em:
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/defaulttabpdf_man_res_sol.shtm> Acesso em: 12 jun. 2015

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

Levantamento sistemático da produção RSU. 2015. Disponível em:

<<http://www.sidra.ibge.gov/>< acesso em 02 jun. 2016.

IN- Instrução normativa nº 23 de 31/08/2005. Disponível em:

<http://www.trtsp.jus.br/geral/tribunal2/TST/Instr_Norm/IN_23.html> Acesso em: 12 jul. 2016.

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

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v.1, 533p.

JIMÉNEZ, E. I.; GARCÍA, V. P. **Instituto de Productos Naturales y Agrobiología de Canarias CSIC,** La Laguna, Tenerife, Canary Islands, Spain, 1989. Disponível em:
<<https://www.ipna.csic.es/>>. Acesso em: 02 jan. 2016.

JODICE, R. **Parametri chimici e biologici per lavalutazione della qualità del compost.** In: Proceedings of the COMPOST Production and Use International Symposium, S. Michelleall' Adige, 20- 23 June, pp 363-384, 1989.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. **Sweet Grape: um modelo de inovação na gestão da cadeia produção e distribuição de hortaliças diferenciadas no Brasil.** São Paulo: Central de Cases, 2011. Disponível em: <http://www.organicnet.com.br/wp-content/uploads/sweet_grape.pdf>. Acesso em: 28 set. 2016.

KADER A. A, MORRIS L. L, STEVENS, M. A; ALBRIGHT-HOLTON, M. (1978) Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. **Journal of American Society for Horticultural Science**, 113:742-745.

KEILLOR, G. **Plant characteristics and physiology.** In: JONES, J. B. Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden. Boca Raton: CRC Press, 2008, p. 55-78.

KIANIRAD, M.; MUAZARDALAN, M.; SAVAGHEBI, G.; FARAHBAKHS, M.; MIRDAMADI, S. Effects of temperature treatment on corn cob composting and reducing of composting time: A comparative study. **Waste Management & Research**, v. 28, n. 10, p. 882-887, 2010.

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

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

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba, 1998. 73

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

LANARV, **Laboratório Nacional de Referência Vegetal, análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes**. Métodos Oficiais, 1988, 103 p.

LEAL, F. R. R. **Concentrações de nitrogênio e de potássio na solução nutritiva para a produção do tomateiro**. 2013. 35 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/105162/000748367.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 05 fev. 2016.

LENUCCI, Marcello S.; CADINU, Daniela; TAURINO, Marco; PIRO, Gabriella; DALESSANDRO, Giuseppe. Antioxidantes composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, n. 7, p. 2606-2613, Apr. 2006. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf052920c>> Acesso em: 11 jun. 2015

LIMA, Rosiane Lourdes Silva de; SEVERINI, Liv Soares; GHEYI, Hans Raj; SOFIATTI, Valdinei; ARRIEL, Nair Helena Castro. Efeito da adubação fosfatada sobre o crescimento e teor de macronutrientes de mudas de pinhão manso. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 4, p. 950- 956, 2011. Disponível em: <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1035>> Acesso em: 11 jun. 2016.

LINCK, E. L.; GUERRA, D.; SILVA, D. M. da; Agroecologia: Todos têm direito a alimentação saudável. Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico Evento: Jornada de Extensão, 16., 2015, Rio Grande do Sul. **Anais eletrônico: UNIJUI**, 2015.

LUNA, Maria L. de; LEITE, Valderi de; LOPES, Wilton S.; SOUSA, José. T. de; SILVA, Salomão A. Tratamento anaeróbico de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n.1, p.113-121, janeiro/mar. 2009.

MAFFEI, D. F.; SILVEIRA, N. F. de A.; CATANOZI, M. P. L. M. Microbiological quality of organic and conventional vegetables sold in Brazil. **Food Control**, v. 29, p. 226-230, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/74170/2-s2.0-84863215053.pdf?sequence=1>> Acesso em 10 out. 2016.

MAIA, J. T. L. S.; CLEMENTE, J. M.; SOUZA, N. H.; SILVA, J. O.; MARTINEZ, H. E. P. Adubação orgânica em tomateiros do grupo cereja. **Revista Biotemas**, v. 26, n. 1, p. 37-44, 2013.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1989. 201 p.

MALAVOLTA, E; PIMENTEL GOMES, F; ALCARDE, JC. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2000, 13 p.

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

MAPA, Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento – **IN nº 27, de 05 de junho de 2006**. Disponível em: < <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=16951> > Acesso em 10 nov. 2016

MAPA, Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento – **IN nº 25, de 23 de julho de 2009**. Disponível em: < <http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/IN%20MAPA%2025%202009.pdf> > Acesso em 10 nov. 2016.

MANTOVANI, J.R.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; BARBOSA, J.C. Alterações nos atributos de fertilidade em solo adubado com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.817-824, 2005. 74

MATTEDI, André Pugnall; GUIMARÃES, Marcelo de Almeida; SILVA, Derly José Henriques da; CALIMAN, Fabiano Ricardo Brunele; MARIM, Bruno Garcia. Qualidade dos frutos de genótipos de tomateiro do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.4, p. 525-530, jul/ago, 2011.

MARGESIN, R., J. Cimadom and F. Schinner. 2006. Biological activity during composting of sewage sludge at low temperatures. **Int. Biodet. Biodeg.**,57: 88-92.

MARINHO, A. C. da C. S. **Matéria orgânica e atributos físicos e químicos de um cambissolo submetido a diferentes usos agrícolas na região do semiárido-RN**. 2014. 68 p. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2014. Disponível em: <<https://ppgmsa.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/59/2014/10/DISSERTA%C3%87%C3%83O-FINAL-Ana-Cec%C3%ADlia-da-Costa-Sinclair-Marinho-pdf.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

MARTÍNEZ-BLANCO, J. et al. Life cycle assessment of the use of compost from municipal organic waste for fertilization of tomato crops. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 53, n. 6, p. 340– 351, 2009.

- MATOS, R. M. de; SILVA, P. F. da; LIMA, S. C. de; DANTAS JÚNIOR, G. J.; DANTAS NETO, J. Adubação orgânica em substituição a fertilização química no tomate cereja sob diferentes níveis de reposição da evapotranspiração. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2015.
- MATTOS, J. C.; LIBERALINO FILHO, J. Composto orgânico misto na formação de mudas de alface. **Revista verde**, v. 2, n. 1, p. 105-112, janeiro/jul. 2007.
- MEDEIROS, M. G. de; CUNHA, T. J. F. da; MENDES, A. M. S.; GAVA, C. A. T. G.; GIONGO, V.; CONCEIÇÃO, G. C. da. Alterações na distribuição das frações húmicas da matéria orgânica do solo em cultivo com adubação verde na região Semiárida. In: CONGRESSO DE FERTILIDADE E BIOLOGIA DO SOLO, 2012. **Anais Eletrônicos**. Maceió: FERTBIO, 2012. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/936806/1/Tony1.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2016.
- MEHMOOD, N.; AYUB, G.; ULLAH, I.; AHMAD, N.; NOOR, M.; KHAN, A.M.; AHMAD, S.; SAEED, A.; FARZANA. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars to nitrogen levels. **Pure and Applied Biology**, v. 1, p. 63-67, 2012.
- MELO, S.L. SILVA, S.C.; TRINDADE, A.V.; MELO G.L.M.; SOUZA, N.C.S. **Qualidade de compostos produzidos a partir de resíduos sólidos orgânicos**. Cruz das Almas BA, 2011.2p. I Jornada de Engenharia Sanitária e Ambiental - I JESAM.
- MENCARELLI, F.; SALVEIT JÚNIOR, ME. (1988) Ripening of mature green tomato fruit slices. *Journal of American Society Horticultural Science*, 113:742-745.
- MEYRELLES, B. G. **Polinização do tomate cereja por abelhas nativas em cultivo protegido**. 2014. 35 p. Dissertação (Mestrado em Magister Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013. Disponível em: <<http://locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4609/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 30 set. 2016.
- MINAMI, K.; HAAG, H. P. O tomateiro. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 397 p.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Lei 12.305/2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em 12 jul. 2016.
- MOREIRA, C. A. **Biofertilizantes: nutrição e desenvolvimento de tomate orgânico**. 2012. 110 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/115627/000813750.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15 mar. 2016.
- MUELLER; S.; WAMSER, A. F. Combinação da altura de desponte e do espaçamento entre plantas de tomate. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 64-69, jan./mar. 2009.

NASCIMENTO, A. R. et al. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 628-635, 2013.

OLIVEIRA, J. R.; XAVIER, F. B.; DUARTE, N. F. Húmus de minhoca associado a composto orgânico para a produção de mudas de tomate. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 5, n. 2, caderno II, p.79-86, ago. 2013.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J. Compostagem da fração sólida da água residuária de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 3, p.483-491, 2009.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J. de; SAMPAIO, A. A. M.; FERNANDES, A. R. M.; OLIVEIRA, E. A. de. Compostagem dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 41, n. 5, p.1301-1307, 2012.

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.

PAULA, J. T. **Qualidade pós-colheita de genótipos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de maturação**. 2013. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2013. Disponível em: <http://unicentroagronomia.com/destino_arquivo/dissertacao_de_mestrado_juliana_tauffer.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2016.

PEDROSA, T. D.; FARIAS, C. A. S. de; PEREIRA, R. A.; FARIAS, E. T. do R. Monitoramento dos parâmetros físico-químicos na compostagem de resíduos agroindustriais. **Nativa**, Sinop, v. 1, n. 1, p. 44-48, 2013.

PENTEADO, Silvio Roberto. **Cultivo ecológico de Hortaliças: como cultivar hortaliças sem veneno**. Campinas/SP, 2007, 286 p.

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

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

PEREIRA NETO, João Tinôco. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Viçosa, UFV, 2007.

PEREIRA, Dercio C.; GRUTZMACHER, Priscila Bernardi; MALLMANN, Larissa S.; COSTA, Luiz A. de M.; COSTA, Mônica S. S. de M. Produção de mudas de almeirão e cultivo no campo, em sistema agroecológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n.10, p. 1100-1106, julho/out. 2012.

PEREIRA, Júlia C. S. Qualidade de vida dos catadores de metais recicláveis: um estudo etnográfico. **Gestão e Sociedade**, Belo horizonte, v. 6, n. 14, p. 159-177, maio/ago. 2012.

PEREIRA, Luiz Antônio Alves; FIALHO, Mirian Loureiro. Gestão da sustentabilidade: compostagem otimizada em resíduos sólidos orgânicos com a utilização de metodologia enzimática na implantação de uma usina de compostagem de lixo no município de Santa Juliana/MG. **Int. J. Knowl. Eng. Manage**, Florianópolis, v.2, n.2, p.52-85, março/mai. 2013. 75

PEREIRA, W. et al. Manejo de plantas espontâneas no sistema de produção orgânico de hortaliças. Embrapa Hortaliças. **Circular Técnica**, 2008.

PINHO, L. de. **Qualidade Físico-Química e Sanitária de tomate Cereja e milho verde, cultivados em Sistemas de produção orgânico e convencional**. 2008. 159 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2008. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/NCAP-89YNW8/dissertacao_lucineia.pdf?sequence=1>. Acesso em: 05 jun. 2016.

PINHO, L. et al. Nutritional properties of cherry tomatoes harvested at different times and grown in an organic cropping. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 2, p. 205-211, 2011.

PINHO, L.; ALMEIDA, A. C.; COSTA, C.; PAES, M. C. D.; GLÓRIA, M. B. A.; SOUZA, R. M. Nutritional properties of cherry tomatoes harvested at different times and grown in an organic cropping. **Horticultura Brasileira**, vol. 29, n. 2, p. 205-211, 2011.

PIRES, A. B. **Análise de viabilidade econômica de um sistema de compostagem acelerada para resíduos sólidos urbanos**. p. 64. Trabalho de conclusão de curso – TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, UPF, Passo Fundo, 2011. Disponível em: <<http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2011-2/Adriano%20Borges%20Pires.pdf>>. Acesso em 12 jun. 2016.

PIRES, A. M. M.; ANDRADE, C. Metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. In: SPOSITO, C.; RIBEIRO, W. (Org.). **Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria**. Botucatu: FEPAF, 2006. p. 205-232.

PREZA, D. L. C.; AUGUSTO, L. G. S. Vulnerabilidades de trabalhadores rurais frente ao uso de agrotóxicos na produção de hortaliças em região do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Saúde ocupacional**, São Paulo, SP, v. 37, n.125, p. 89-98, 2012.

PRIMO, D. C. et al. Avaliação da qualidade nutricional de composto orgânico produzido com resíduos de fumo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 14, n. 7, p.742-746, 2010.

PURQUERIO, L.F.V.; TIVELLI S.W. Manejo do ambiente em cultivo protegido. Campinas: IAC, 2006. **Informações Tecnológicas**. Disponível em:<

file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/apostila_ambiente_protegido.pdf> Acesso em: 21 out .2015.

PUTZKE, J.; PUTZKE, M. T. L. **Os Reinos dos fungos**. 2ª ed. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2004.

REBOLLIDO, R.; MARTÍNEZ, J.; AGUILERA, Y.; MELCHOR, K.; KOERNER, I.; STEGMANN, R. Microbial populations during composting process of organic fraction of municipal solid waste. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 6, p. 61-67, 2008.

REIS, Lígia S.; AZEVEDO, Carlos A. V.; ALBUQUERQUE, Abel W.; JUNIOR, Josué F. S. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.4, p.386–391, 2013.

RICCI, Maria dos Santos Freire; NEVES, M. C. M.; AGUIAR-MENEZES, E. de Lima. **Agroecologia Sistemas de Produção**: Embrapa agroecologia sistema de produção. 2. ed. dez. 2006. Disponível em: <<http://sistemadeprodução.cnptia.embrapa.br/fontes>> Acesso em: 05 mar. 2015.

ROCHA, M. Q. **Crescimento, fenologia e rendimento do tomateiro cereja em cultivo hidropônico**. 2009. 129 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/123456789/2397/1/Dissertacao_Marcelo_%20de_%20Queiroz_%20Rocha.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2016.

RODRIGUES, E. F.; COSTA, M. da; RODRIGUES FILHO, F. S. de O. Avaliação do crescimento e da produtividade de tomate cereja (*solanum esculentum* l.) em sistema hidropônico nft, no município de Humberto de campos, MA. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA. Fortaleza. **Anais Eletrônicos**. Fortaleza: CONTECC', 2015. Disponível em: <http://www.confex.org.br/media/Agronomia_avaliacao_do_crescimento_e_da_produtividade_de_tomate_cereja_solanum_esculentum_l_em_sistema_hidroponico_nft_no_municipio_de_humberto_de_campos_ma.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2016.

SALES, I. G. M. **Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob doses de biofertilizante e lâminas de irrigação**. 2014. 108 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/10573/1/2014_tese_igmsales.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2016.

SANTOS, I. A.; NOGUEIRA, L. A. H. Estudo energético do esterco bovino: seu valor de substituição e impacto da biodigestão anaeróbia. **Revista Agroambiental**, v. 4, n. 1, p. 41-49, 2012.

SANTOS, I. C e CARVALHO, L. M. Produção sustentável de hortaliças. Belo Horizonte, EPAMIG. 5p. (**Circular Técnica**, 182). 2013.

SANTOS, I. C.; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W. Adubação verde no cultivo de hortaliças. Viçosa, EPAMIG. 6 p. (**Circular Técnica**, 179), 2013. 76

SANTOS, J. L. D., **Caracterização físico-química e biológica em diferentes laboratórios de produtos obtidos a partir da compostagem de resíduos orgânicos biodegradáveis**. p.122. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto. 2007. Disponível em:<
http://www.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t_040370104.pdf> Acesso em 11 jan. 2016.

SANTOS, J. O. et al. A evolução da agricultura orgânica. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, PB, v. 6, n. 1, p. 35-41, 2012.

SANTOS, Lucas Leão; JUNIOR, Santino Seabra; NUNES, Maria Cândida Moitinho. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.8, n.1, p.83- 93, 2010.

SANTOS, M. R. dos; SEDIYAMA, M. A. N.; SALGADO, L. T.; VIDIGAL, S. M.; REIGADO, F. R. Produção de mudas de pimentão em substratos à base de vermicomposto, **Bioscience Journal** , Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 572-578, July/Aug. 2010.

SARDÁ, L. G.; HIGARASHI, M. M.; MULLER, S.; OLIVEIRA, P. A.; COMIN, J. J. Redução da emissão de CO₂, CH₄ e HS através da compostagem de dejetos suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 1008-1013, 2010.

SBIZZARO, M. **Vermicompostagem a partir de dejetos de ovinos e bovinos com palha de cana-de-açúcar**. 2013. 134 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013. Disponível em:
<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1413/1/LD_COEAM_2>. Acesso em: 22 jan. 2016.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C. dos; LIMA, P. C. de. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 829-837, nov/dez, 2014.

SHAUB, S. M., LEONARD, J. J. Composting: Na alternative waste management option for food processing industries. **Trends in Food Science e Tecnologia**, v. 7, p. 263-267, 1996.

SILVA JÚNIOR, A. A.; PRANDO, H. F. Cultivares e épocas de semeadura de tomate para o litoral catarinense. **Agropecuária Catarinense**, Santa Catarina, v. 9, n. 4, p. 48-50, 1989

SILVA, André Costa; COSTA, Cândido Alves; SAMPAIO, Reginaldo Arruda; MARTINS, Ernane Ronie. Avaliação de linhagens de tomate cereja tolerantes ao calor sob sistema orgânico de produção. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 24, n. 3, p. 33-40, julho/set. 2011

SILVA, A. G. **Método de produção de composto orgânico a partir de matéria prima vegetal e animal**. 2008. 32 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura) – ESCOLA AGROTÉCNICA FEDERAL DE

MUZAMBINHO, Muzambinho, 2008. Disponível em:
<http://www.muz.ifsuldeminas.edu.br/attachments/221_metodo_producao_composto_organico_partir_materia.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2016.

SILVA, F. A. de M. **Qualidade de compostos orgânicos produzidos com resíduos do processamento de plantas medicinais**. 2005. 102 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”, BOTUCATU, 2005. Disponível em:
<http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101800/silva_fam_dr_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 26 abr. 2016.

SILVA, F. A. de M.; GUERRERO LOPEZ, F.; VILLAS BOAS, R. L.; SILVA, R. B. 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, L. N. **Processo de Compostagem com Diferentes Porcentagens de Resíduos Sólidos Agroindustriais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2007.

SILVA, S. A. Tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 113-121, 2009.

SILVA, T. T. et al. Suco de maracujá orgânico processado por microfiltração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 4, p. 419-422, 2005.

SIQUEIRA, R. S. 1995. **Manual de microbiologia de alimentos**. Brasília, São Paulo. 159p.

SOLINO, A. J. S. et al. Cultivo orgânico de rúcula em plantio direto sob diferentes tipos de coberturas e doses de composto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 18-24, 2010.

SONNENBERG, P. E. **Olericultura especial**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás. 1ª parte, 5 ed, p. 126-127. 1985.

SOUSA, Anete Araújo d’; AZEVEDO, Elaine de; LIMA, Elinete Eliete de; SILVA, Ana Paula Ferreira da. Alimentos orgânicos e saúde humana: estudo sobre as controvérsias. **Revista Panamericana de Salud Publica**, v. 31, n. 6, p. 513–517, 2012.

SOUSA JUNIOR, F. S. **Desenvolvimento e gerenciamento de 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 jun. 2015.

SOUZA, C. R.; CAMPOS, R. V. M.; SANTOS, M. C; PRADO, H. R.; SERQUINEL FILHO; O. D. Compostagem utilizando esterco bovino, bagaço de cana-de- açúcar e lodo de esgoto como prevenção de impacto ambiental no município de Campo Mourão –PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 1. 2010, Baurú. **Anais Eletrônicos**. Baurú: CBGA, 2010. Disponível em:

<<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2010/IX-004.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2016.

SOUZA, Jacimar Luis de; REZENDE, Patrícia Lacerda. **Manual de Horticultura Orgânica**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 843 p.

SOUZA, R. R.; ALMEIDA-NETA, M. N.; SOUZA, R. M.; LOPES, P. A. P.; MOTA, W. F. Rendimento produtivo de tomate cereja a partir do uso de água residuária da piscicultura e adubação com esterco bovino. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 5340-5345, 2012.

SUNDBERG, C. S., et. al. Low pH as inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. **Bioresource Technol.**, v. 95, p. 145-150, 2004.

SWIFT, R.S. Sequestration of carbon by soil. *Soil Science*, v. 166, p. 858-871, 2001. 77
TANGRI, N., **Waste Incineration: A Dying Technology**. 1.ed. Berkeley, 2003. 107 p.

TAKAHASHI, K. **Produção e qualidade de mini tomate em sistema orgânico, dois tipos de condução de hastes e poda apical**. 2014. 42 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014. Disponível em:

<<http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/108727/000766055.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 02 mar. 2016.

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

UDA, M. J. **Logística reversa da reciclagem de garrafas pet em Curitiba**. 2010. 92 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia e Meio Ambiente) – Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2010. Disponível em:<
<http://sistemas.institutoslactec.org.br/mestrado/dissertacoes/arquivos/MarcosUda.pdf>>
Acesso em 10 nov. 2016.

VALENTE, B. S.; XAVIER, T. B. G. A.; MORSELI, D. S.; JAHNKE, B. de S.; BRUM JR, B. R.; CABRERA, P. de O. M.; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, p. 59-85, 2009.

VENEZUELA, T. C., **Determinação de contaminantes metálicos (metal tóxico) num solo adubado com composto de lixo em área olerícola no município de Nova Friburgo**. p. 79. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro-RN. 2001.

VIANA, Paulo Afonso; PRATES, Hélio Teixeira; RIBEIRO, Paulo Eduardo de A. Uso do Extrato Aquoso de Folhas de NIM para o Controle de Spodoptera frugiperda na Cultura do Milho. Embrapa milho e sorgo. 1.ed. MG. (**Circular técnica, 88**). 2006.

VILAS BOAS, A. A. de C. **Qualidade pós-colheita de frutos de tomateiro em função de fontes de cálcio**. 2014. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014. Disponível em:

<http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4871/1/DISSERTAÇÃO_Qualidade%20pós-colheita%20de%20frutos%20de%20tomateiro%20em%20função%20de%20fontes%20de%20calcio.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2016.

WHATLEY, J.M.; WHATLEY, F.R. **A luz e a vida das plantas:** temas de biologia. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1982, 101p.

WILLER, H.; KILCHER, L. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2011. IFOAM, Bonn, & FiBL, Frick. Disponível em: <<http://www.fibl.org>>. Acesso em 15 jan. 2016.

WOOD, B. W.; REILLY, C. C.; NYCZEPIR, A. P. Field deficiency of nickel in trees: Symptoms and causes. **Acta Horticulturae**, v. 721, p. 83-97, 2006.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, 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. zip_man_res_sol.shtm> Acesso em: 15 jun. 2016.

ZHU, N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 222–227, 2007.

ZUCCONI, F. de; BERTOLDI, M. **Composts specifications for the production and characterization of composts from municipal solid waste.** 1987. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852499001005>> Acesso 10 jun. 2015.