

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA**  
**MESTRADO ACADEMICO EM ASSOCIAÇÃO COM EMBRAPA E**  
**IFRR**

**DISSERTAÇÃO**

**Produção e Qualidade de Compostos Orgânicos no**  
**Sul do Estado de Roraima**

**GABRIEL CARVALHO GOMES**

**2018**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA  
MESTRADO ACADEMICO EM ASSOCIAÇÃO COM EMBRAPA E  
IFRR**

**Produção e Qualidade de Compostos Orgânicos no  
Sul do Estado de Roraima**

**GABRIEL CARVALHO GOMES**

*Sob a Orientação do Professor*  
**Dr. Romildo Nicolau Alves**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agroecologia, no Curso de Pós-Graduação em Agroecologia. Área de concentração: Agroecologia.

Boa Vista, RR  
Março - 2018

**Copyright © 2018 by Gabriel Carvalho Gomes**

Todos os direitos reservados. Está autorizada a reprodução total ou parcial deste trabalho, desde que seja informada a **fonte**.

Universidade Estadual de Roraima – UERR  
Coordenação do Sistema de Bibliotecas  
Multiteca Central  
Rua Sete de Setembro, 231 Bloco – F Bairro Canarinho  
CEP: 69.306-530 Boa Vista - RR  
Telefone: (95) 2121.0945  
E-mail: biblioteca@uerr.edu.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G633p GOMES, Gabriel Carvalho.  
Produção e qualidade de compostos orgânicos no Sul do Estado de Roraima. /  
Gabriel Carvalho Gomes. – Boa Vista (RR) : UERR, 2018.

59 f. : il. Color. 30 cm.

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agroecologia, apresentada no Curso de Pós-Graduação em Agroecologia – Mestrado, na Universidade Estadual de Roraima – UERR, tendo como área de concentração: Agroecologia, sob a orientação do Prof<sup>o</sup>. Dr. Romildo Nicolau Alves.

1. Compostagem 2. *G. Sepium* 3. Agricultura orgânica I. Alves, Romildo Nicolau (orient.) II. Universidade Estadual de Roraima – UERR III. Título

UERR.Dis.Mes.Agr.2018.06

CDD – 631.584 (19. ed.)

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**GABRIEL CARVALHO GOMES**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agroecologia**, área de concentração em Agroecologia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM    /    /2018

Banca Examinadora

---

Dr. Romildo Nicolau Alves  
Professor do IFRR  
Orientador

---

Dr. Edmilson Evangelista da Silva  
Pesquisador da EMBRAPA  
Membro Titular

---

Dr. Rodolfo Condé Fernandes  
Professor do IFRR  
Membro Titular

---

Dr. Bráulio Crisanto Carvalho da Cruz  
Professor do IFRR  
Membro Titular

## **DEDICATÓRIA**

A minha mãe, Cecília Bety Queiroz Carvalho, por todo o amor, carinho, educação, exemplo, honestidade, dedicação, suporte e apoio.

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

Antes de tudo é preciso agradecer a Deus por esse presente que é a vida, pois sem ele não somos nada.

Não poderia citar outro nome como primeiro se não fosse meu Orientador e amigo Romildo Nicolau Alves, que tanto me ajudou e vem me ajudando nessa longa caminhada que é a pós-graduação.

Meu colega de trabalho e grande amigo Sandoval que sempre me ajudou neste trabalho, além de transmitir palavras que me fizeram continuar esta caminhada de estudos e da vida.

Duas pessoas que tanto contribuíram neste trabalho foram os alunos e estagiários do laboratório de solos e Agroenergia do IFRR/Campus Novo Paraíso, Pedro e Jhonata, que me ajudaram nos inúmeros processos de montagem do experimento de campo até as análises químicas.

Ao IFRR Campus Novo Paraíso por minha liberação parcial para estudo e estrutura física do laboratório de solos e agroenergia para realização das análises químicas.

A minha família por todo o apoio e incentivo, principalmente da minha mãe Cecília Bety, que mesmo distante, me passou mensagens de carinho juntamente com meu pai Francisco e minha irmã Vanessa. Vocês são meu alicerce.

Nossa vida pode ser comparada a uma planta e as pessoas a nossa volta como nutrientes e doenças, então sempre precisamos ir atrás de pessoas boas que nos forneçam bons nutrientes ou conhecimentos que nos tragam algo positivo e nos afastar de pessoas ruins que são as doenças ou pensamentos negativos. Eu quero agradecer a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a formação deste trabalho, pois sozinho somos fracos, o sucesso é coletivo.

“Seja a mudança que você quer ver no mundo.”

Mahatma Gandhi

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Gabriel Carvalho Gomes, 23 anos, Filho de Francisco Firmino Gomes e Cecília Bety Queiroz Carvalho, nasceu em 09 de março de 1995 em Zé Doca-MA. No ano de 2010 iniciou o curso Técnico em Química com habilitação em Biocombustíveis pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, *Campus Zé Doca*, onde no mesmo iniciou trabalhos de pesquisa com tratamento secundário de água em comunidades de baixa renda e ganhou a primeira bolsa de iniciação científica pelo CNPq. Em 2015 formou-se Tecnólogo em Gestão ambiental pela Faculdade Estácio Atual da Amazônia, Polo Boa Vista-RR, onde fez um estudo de caso em uma fazenda no município de Alto Alegre, afim de determinar os malefícios da utilização de agrotóxicas na cultura da soja e seus impactos no meio ambiente e na saúde humana.

## RESUMO

GOMES, Gabriel Carvalho. **Produção e Qualidade de Compostos Orgânicos no Sul do Estado de Roraima**/2018. 58 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Agroecologia). Universidade Estadual de Roraima, Boa Vista, RR, 2018.

A compostagem é uma prática indicada para a obtenção de uma matéria orgânica estável utilizando resíduos disponíveis localmente e de ótimos benefícios, principalmente, por proporcionar economia na compra de insumos externos, redução da propagação de plantas indesejáveis e melhoria física, biológica e química do solo. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o processo e a qualidade dos compostos orgânicos, utilizando-se de materiais disponíveis na região. Para isso, montou-se pilhas de formato cônico utilizando as seguintes proporções e materiais: composto 1 [(C1) = 100kg capim-elefante (CE) (*Pennisetum purpureum*)+100kg de esterco de aves (EA)]; composto 2 [(C2) 100kg CE+100kg esterco de ovino (EO)]; composto 3 [(C3) 100kg CE+100kg de poda de *G. sepium*. O delineamento foi inteiramente ao acaso, com três tratamentos e três repetições. Utilizou o programa Sisvar, versão 5.6, para as análises dos dados. O trabalho foi desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima – IFRR/*Campus* Novo Paraíso, na cidade de Caracarái, no espaço agroecológico do Núcleo de Estudo, Pesquisa, Extensão em Agroecologia (NEPEAGRO). A poda de *G. sepium* foi coletada de plantas presentes no espaço agroecológico e o capim elefante e os estercos de propriedades de produtores locais. Os resultados mostraram que, os compostos iniciaram com pH alcalino e com relações C/N baixas. Observou-se que os compostos já iniciaram na fase termofílica. A umidade (U%) se manteve em níveis aceitáveis durante todo o processo compostagem. O P e K se mantiveram constantes durante o período, exceto o K para o C2, que no final, diminuiu. O N apresentou menores teores no final da compostagem. Os valores de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) apresentaram altos valores de coeficientes de variação (CV%), o que inviabilizou uma análise consistente dos dados. A quantificação dos taninos mostrou que os compostos apresentaram valores muito baixos. Em vista do exposto, concluiu-se que os compostos produzidos a partir dessas fontes orgânicas são uma boa opção para os agricultores familiares usarem em suas propriedades. Vale destacar que, o composto produzido apenas com materiais vegetais mostrou-se de ótima qualidade.

**Palavras chave:** Compostagem, *G. sepium*, agricultura orgânica.

## GENERAL

GOMES, Gabriel Carvalho. **Production and Quality of Organic Compounds in the South of the State of Roraima**. 58 f. Dissertation (Master Science in Agroecology). State University of Roraima, Boa Vista, RR, 2018.

Composting is an indicated practice for alignment since the economy is an option to encourage external benefits, reduce the spread of resources and the physical, biological and soil chemistry. The present project was done and the process of choosing organic materials, using materials available in the region. For this purpose, cosmic use and raw materials were used: compound 1 [(C1) = 100 kg of elephant grass (EC) (*Pennisetum purpureum*) + 100 kg of bird manure (EA)]; compound 2 [(C2) 100 kg EC + 100 kg of sheep manure (EO)]; compound 3 [(C3) 100 kg EC + 100 kg of *G. sepium* pruning. The design was entirely random, with three sessions and three replicates. He used the program Sisvar, version 5.6, for those of the data. The work was developed at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Roraima - IFRR / Campus Novo Paraíso, in the city of Caracaráí, in the agroecological space of the Nucleus of Study, Research and Extension in Agroecology (NEPEAGRO). The pruning of *G. sepium* was collected from plants present in the agroecological space and the elephant grass and manure from local producers' properties. The results were those that already started with the alkaline pH and the low C / N ratios. It has been observed that the compounds have already started in the thermophilic phase. Humidity (U%) remained at acceptable levels throughout the composting process. The P & K should be maintained during the period, except for K for C2, which does not end, decreased. The N presented minor non-final composting. The values of nitrate (NO<sub>3</sub>-) and ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) are high values of coefficients of variation (CV%), which made the analysis of the data unfeasible. The tannin quantification showed that the levels could be much lower. In view of the foregoing, it was concluded that it was made from various organic sources for a good choice for the worker industries on their properties. Worth what is the ideal compound for food production.

**Keywords:** composting. *G. sepium*, organic agriculture

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Fases do processo de compostagem.....	23
<b>Tabela 2.</b> Intervalos de temperaturas mínima, ótima e máxima para as bactérias em compostagem.....	25
<b>Tabela 3.</b> Teores de nutrientes em folha e galho de <i>G. sepium</i> .....	30
<b>Tabela 4.</b> Produção de MS e valores de nutrientes em poda de <i>G. sepium</i> .....	31
<b>Tabela 5.</b> Teores de nutrientes em talo de capim elefante .....	32
<b>Tabela 6.</b> Teores médios de nutrientes em esterco de ave e ovino.....	33
<b>Tabela 7.</b> Características químicas dos materiais orgânicos utilizados na compostagem .....	37
<b>Tabela 8.</b> U%, pH, CO e relação C/N.....	46
<b>Tabela 9.</b> Teores de N, P e K nos compostos .....	48
<b>Tabela 10.</b> Teores de nitrato e amônio nos compostos.....	50

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Compostos C1, C2 e C3 .....	59
<b>Figura 2.</b> Composto C3.....	60
<b>Figura 3.</b> Umedecimento dos compostos C1, C2 e C3 .....	60

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Temperatura dos compostos .....	43
<b>Gráfico 1.</b> Teores de taninos totais (TT) em compostos orgânicos.....	52
<b>Gráfico 3.</b> Relação TT/N em compostos orgânicos .....	51

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Sulfato de Amônio
$[\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}\cdot 5[\text{H}_2\text{O}]$	Nitroprussiato de Sódio Pentahidratado
°C	Graus Celsius
$\text{Al}^{3+}$	Alumínio
C	Carbono
C/N	Relação Carbono Nitrogênio
C1	Composto com 50% de CE e 50% de EG
C2	Composto com 50% de CE e 50% de EO
C3	Composto com 50% de CE e 50% GL
$\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7\cdot(\text{H}_2\text{O})$	Citrato de Sódio Heptahidratado
Ca	Cálcio
$\text{CaCl}_2$	Cloreto de Cálcio
CE	Capim Elefante
$\text{CH}_4$	Metano
CO	Carbono Orgânico
CO/N	Relação Carbono Orgânico por Nitrogênio
$\text{CO}_2$	Dióxido de Carbono
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
Cu	Cobre
CV	Coefficiente de Variação.
EG	Esterco de Galinha
EO	Esterco de Ovino
FBN	Fixação Biológica de Nitrogênio
Fe	Ferro
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2\cdot 6[\text{H}_2\text{O}]$	Sulfato Ferroso Amoniacal Hexahidratado
$\text{FeCl}_3$	Cloreto de Ferro (III)
$\text{FeK}_3(\text{CN})^{+6}$	Ferrocianeto de Potássio
g	Gramas
G.	Glicíndia
GL	Poda de Glicíndia
$\text{H}_2$	Hidrogênio
$\text{H}_2\text{O}$	Água

H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de Hidrogênio
H <sub>2</sub> S	Ácido Sulfídrico
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido Sulfúrico
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Ácido Fosfórico
ha	Hectare
HCl	Ácido Clorídrico
K	Potássio
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Dicromato de Potássio
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Fosfato Monopotássico
L	Lignina
m	metro
mm	milímetros
Mg	Magnésio
mg	Miligrama
Mn	Manganês
MO	Matéria Orgânica
mol	Molaridade
MS	Matéria Seca
N	Nitrogênio
N <sub>2</sub>	Gás Nitrogênio
Na	Sódio
NaC <sub>7</sub> H <sub>5</sub> O <sub>3</sub>	Salicilato de Sódio
NaNO <sub>3</sub>	Nitrato de Sódio
NaOCl	Hipoclorito de Sódio
NaOH	Hidróxido de Sódio
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amônio
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitrito
nm	Nanômetro
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrato
O <sub>2</sub>	Gás Oxigênio
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
PP	Polifenóis

Rpm	Rotação por Minuto
sCOV	Compostos Orgânicos Semi Voláteis
TB	Temperatura Base
TM	Temperatura Meio
TT	Taninos Totais
TT	Temperatura Topo
TT/N	Relação Taninos Totais por Nitrogênio
U%	Teor de Umidade
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>22</b>
2.1 COMPOSTAGEM.....	22
2.2 FATORES QUE INFLUENCIAM A COMPOSTAGEM .....	23
2.2.1 pH .....	23
2.2.2 Umidade.....	24
2.2.3 Temperatura.....	25
2.2.4 Aeração .....	27
2.2.5 Relação Carbono/Nitrogênio (C/N).....	27
2.2.6 Granulometria .....	28
2.3 FONTES ORGÂNICAS .....	29
2.3.1 Gliricídia .....	29
2.3.2 Capim Elefante .....	31
2.3.3 Estercos.....	32
2.4 QUALIDADE DE COMPOSTO ORGÂNICO.....	33
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
2.1 ANÁLISE DO CARBONO ORGÂNICO TOTAL .....	38
2.2 ANÁLISE DE NITROGÊNIO TOTAL.....	39
2.3 ANÁLISE DE FÓSFORO TOTAL .....	40
2.4 ANÁLISE DE POTÁSSIO TOTAL .....	40
2.5 ANÁLISE DE NITRATO .....	41
2.6 ANÁLISE DE AMÔNIO .....	41
2.7 ANÁLISE DE TANINOS TOTAIS.....	41
2.8 ANALISE ESTATÍSTICA .....	42
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>43</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>52</b>
<b>LITERATURA CONSULTADA.....</b>	<b>53</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>58</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O uso de materiais orgânicos é uma prática que pode ter grande relevância para a melhoria do solo e da produtividade das culturas, principalmente, quando são implantadas em solos arenosos, tornando o uso do solo mais sustentável (HAMMES, 2012). São inúmeros os benefícios, como redução do processo erosivo, maior retenção de água, estimulação da atividade biológica, além de oferecer mais nutrientes às plantas, comparando com a agricultura convencional. Os nutrientes ofertados pela adubação orgânica são liberados gradualmente ao solo, por envolver decomposição e mineralização, por isso, é preciso atentar-se as necessidades da cultura, como também da fonte utilizada, para que não seja desbalanceada. Sendo necessário em alguns casos a combinação de vários materiais orgânicos e utilização de técnicas como a compostagem (RAIJ, 1996; OLIVEIRA, 2004).

Embora ainda exista alguns questionamentos em relação a compostagem, ela é um processo muito antigo praticado pelo homem. Não sendo possível saber ao certo o período em que se iniciou, sendo o mais provável cerca de 2 mil anos a.C., sendo que no século XX, os métodos e a velocidade do processo começaram a se diferenciar em maior proporção do que ocorre naturalmente, através da utilização de equipamentos mecânicos e uma melhor seleção das matérias primas utilizadas para compor as pilhas de compostos (COSTA, 2014).

A compostagem é baseada no processo de decomposição e humificação da matéria orgânica que acontece na natureza, porém com condições ideais de temperatura, umidade, aeração e outros processos, ela pode ocorrer mais rapidamente e com melhor qualidade. A escolha da matéria prima utilizada deve ser de forma individual, sendo indicado os que apresentarem maior abundância na comunidade. Para que se tenha um composto de boa qualidade, a relação entre carbono (C) e nitrogênio (N) deve ser primordial, por influenciar diretamente o desempenho dos microrganismos envolvidos no processo de compostagem, interferindo na velocidade e desempenho, devido o C ser a fonte de energia e o N a fonte básica para a reprodução e crescimento celular. (KIEHL, 1985; VALENTE *et al.* 2009)

Para que ocorra uma boa compostagem, a escolha da matéria orgânica é fundamental. Existem inúmeras possibilidades no campo, dentre elas o capim elefante tem se mostrado uma excelente alternativa como fonte de C (LEAL, 2013). Podendo citar como fontes também a serragem, grama, casca de arroz e o bagaço de cana. Sendo necessário também acrescentar materiais ricos em N, onde a palhada de leguminosas e os esterco de animais, além de fácil acesso e produção, são os que apresentam resultados mais satisfatórios (OLIVEIRA, 2004).

Mesmo sendo uma prática antiga, a compostagem ainda necessita de pesquisas relacionadas a montagem e acompanhamento do processo de produção, sobretudo nas condições do estado de Roraima, que está localizado em uma região de ecótono, tornando-se singular e divergente das demais. Portanto, o trabalho teve como objetivo avaliar o processo de produção e a qualidade de compostos orgânicos produzidos no sul do estado de Roraima, a partir de fontes orgânicas locais.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Compostagem

A compostagem é um processo de decomposição controlada de materiais orgânicos e tem como finalidade acelerar a taxa de decomposição que ocorreria no ambiente, favorecendo a multiplicação de microrganismos, obtendo um material estável, isento de patógenos e sementes que possam desencadear malefícios ao solo ou planta em que for cultivada, possuindo boas condições para ser utilizado na agricultura (PERGOLA *et al.* 2017; KIEHL, 1985; JÚNIOR *et al.*, 2009; VALENTE *et al.* 2009). O uso de materiais orgânicos compostados aumenta a fertilidade e biodiversidade do solo, além de elevar a produtividade das mais diversas culturas agrícolas, pois fornece nutrientes essenciais, tendo papel fundamental na sustentabilidade dos sistemas de produção, influenciando atributos físicos, químicos e biológicos do solo (FINATTO *et al.* 2013).

Quando o material orgânico passa por um processo de compostagem, pode ser utilizado na agricultura tanto em plantas de ciclo longo, como na horticultura, sendo que para tal é necessário um estudo prévio do material utilizado e das necessidades da cultura trabalhada, pois os nutrientes podem ser liberados de forma gradual para a planta, ou imediata de acordo com o material utilizado e seu grau de estabilização (VALENTE *et al.* 2009; PERGOLA *et al.* 2017).

Quando bem conduzida, a compostagem possibilita o aproveitamento seguro de resíduos que poderiam causar riscos de contaminação ao meio ambiente. Entretanto, devido a temperatura adequada, ocorre a eliminação de microrganismos patogênicos e sementes de plantas daninhas. Por esses motivos, a utilização de fertilizantes orgânicos de diferentes origens é uma alternativa para a melhoria da qualidade do solo em propriedades agrícolas (COSTA *et al.*, 2013; ZIECH *et al.* 2014) e uma forma do agricultor realizar a ciclagem de nutrientes, diminuindo ou até eliminando o uso de fertilizantes químicos.

Diferentes materiais podem ser utilizados na compostagem tais como resíduos de culturas, esterco e resíduos agroindustriais, estes podem ser excelentes para a compostagem. Normalmente, esses materiais são facilmente degradáveis e possuem propriedades de fertilizantes. Por outro lado, existem materiais tais como: poda, serragem e palhas que podem ser adicionados ao processo de compostagem. Esses materiais podem favorecer a porosidade do composto facilitando o fluxo de O<sub>2</sub> e assim elevando a atividade dos microrganismos (PERGOLA *et al.* 2017).

De acordo com PEREIRA (2017), durante o processo de compostagem, é possível verificar quatro fases (Tabela 1).

**Tabela 1.** Fases do processo de compostagem

Fase	Temperatura	Microrganismos	Características
Mesofílica	Entre 15-40°C	Atividade de bactérias, fungos e actinomicetes	-O substrato rico em C lábio é rapidamente metabolizado; -Rápido aquecimento; -Após o revolvimento a temperatura volta a se elevar rapidamente.
Termofílica	>40°C	Atividade principalmente de actinomicetes e bactérias do tipo Bacillus	-Decréscimo do C lábio
Resfriamento	<40°C	Predominâncias de fungos	-Decomposição de material mais recalcitrante, por exemplo, lignina, celulose, etc.
Maturação	<25°C	Começa aparecer a meso e macrofauna	-Redução da taxa de absorção de oxigênio pelos microrganismos; -Relação C/N entre 15-20; -pH aumenta.

Fonte: PEREIRA (2017)

O processo de compostagem aeróbico é um processo que envolve diferentes fatores, tais como pH, umidade, temperatura, relação C/N, aeração e granulometria. Os quais serão apresentados abaixo.

## 2.2 Fatores que Influenciam a Compostagem

### 2.2.1 pH

O pH é um dos principais indicadores utilizados na compostagem, que pode afetar o crescimento e determinar os microrganismos que atuam na decomposição da matéria orgânica. De acordo com PEREIRA (2017), a faixa de pH ideal para o processo de compostagem aeróbica, situa-se entre 5,5 e 8,5.

No início do processo, em decorrência das atividades bacterianas e liberação de ácidos, o pH tende a reduzir, aumentando de acordo com o grau de estabilização do composto, sendo que no final normalmente apresenta valores entre 7,0 e 8,0 (SILVA, 2009, KIEHL, 1985), entretanto, NETO (2007) afirmou que ela pode ocorrer entre 4,5 e 9,5 de pH, dependendo do material utilizado sem prejudicar o processo e que os valores extremos tendem a se

regularizar com a ajuda dos microrganismos, podendo produzir subprodutos ácidos ou básicos, conforme o meio necessite.

De acordo com OLIVEIRA *et al.* (2012), após analisar quinze (15) compostos orgânicos de diferentes composições, verificaram que o pH variou de 2,5 até 9,6. O composto mais ácido foi um comercial e o mais alcalino foi composto por fumo triturado, fumo cortado, casca de eucalipto e esterco. Vale destacar que, os dejetos animais (estercos) geralmente apresentam valores de pH neutro a levemente alcalino, entre 7,0 a 8,0 (CASSOL *et al.* 1994).

Segundo LI *et al.* (2013), durante o período de compostagem, a produção de compostos orgânicos voláteis (COV) e semi voláteis (svCOV) (ácidos e álcoois) reduzem a atividade microbiana, sendo que o ajuste do pH melhora o processo de compostagem. De acordo com KIEHL (1985) valores de pH acima de 8,0 ou 9,0 causa perda de N durante a compostagem, devido a volatilização da amônia (NH<sub>3</sub>). Esses materiais também não devem ser aplicados em compostos totalmente curados (totalmente humificado), para se evitar a perda de N. Ainda de acordo com KIEHL (1985), a compostagem pode partir de matérias primas ácidas, no entanto, com o passar do tempo, o pH irá para alcalino sem grandes perdas de N.

### **2.2.2 Umidade**

A umidade interfere diretamente a atividade biológica, sendo necessário que esteja presente em quantidade adequada e controlada durante todo o processo, por ser um dos principais fatores de decomposição da matéria orgânica, além de afetar a temperatura e possibilita identificar a quantidade de ar contido nas pilhas e disponíveis para os microrganismos. Para ter uma decomposição eficiente, o valor inicial indicado de umidade é na faixa de 55-65%. Quando apresentar valores abaixo, conseqüentemente a atividade microbiana diminui e ao atingir valores acima de 65%, pode ser que ocorra a diminuição dos poros onde deveria ter ar e transforme em condições anaeróbicas, podendo gerar odores desagradáveis e adiar o processo. (KIEHL, 1985; VALENTE *et al.*, 2009)

De acordo com o KIEHL (1985), o teor de umidade pode variar de acordo com a granulometria do material utilizado, ou seja, um material com maior granulometria a umidade deve-se se manter entre 60 a 65%, enquanto que com uma granulometria fina esse valor passa a ser de 55 a 60%. Ainda segundo esse autor, valor de umidade menor do que 35% afeta a atividade microbiana.

Segundo VALENTE *et al.* (2009), existe uma relação direta entre umidade e temperatura. A medida que a umidade se eleva acima de 65%, a temperatura diminui, devido redução na atividade dos microrganismos aeróbicos. CÀCERES *et al.* (2017), chamam de “efeito resfriamento”, que é a diminuição da atividade dos microrganismos na massa do composto devido à elevação da umidade (>75%). Altos teores de umidade influenciam nas trocas gasosas, reduzindo a difusão do O<sub>2</sub>.

### 2.2.3 Temperatura

Pelo fato da compostagem ser um processo microbiológico, ocorrendo a produção de calor, este parâmetro necessita de grande atenção e controle, visto que quando se inicia o processo, as pilhas de composto estão em temperatura ambiente, mas à medida que a ação microbiana se intensifica a temperatura se eleva, podendo atingir valores > 40°C (fase termofílica), onde ocorre a eliminação dos microrganismos patogênicos e sementes de plantas daninhas (KIEHL, 1985).

De acordo com LI *et al.* (2013), a temperatura é um indicativo da atividade microbiana no composto, podendo ser um parâmetro do status do processo de compostagem. A temperatura influencia a natureza das comunidades microbianas, bem como a taxa de decomposição. Ainda de acordo com esses autores e contrário ao que se comentou anteriormente, foi verificado que no primeiro dia, a compostagem já pode entrar na fase termofílica, ou seja, > 50 °C, permanecendo por um longo período, e logo após a diminuição da temperatura ocorre a elevação da condutividade elétrica, redução da taxa de decomposição e diminuição do teor de N. Já KIEHL (1985), relata que a temperatura pode atingir 50 °C em 2 a 3 dias, podendo atingir os 70 °C antes dos 15 dias. De acordo com KIEHL (1985) as temperaturas de atividade das bactérias podem ser classificadas de mínima, ótima e máxima (Tabela 2).

**Tabela 2.** Intervalos de temperaturas mínima, ótima e máxima para as bactérias em compostagem

Bactérias	Mínima	Ótima	Máxima
Mesofílicas	15 a 25 °C	25 a 40 °C	43 °C
Termofílicas	25 a 45 °C	50 a 55 °C	85 °C

Fonte: KIEHL (1985)

De acordo com NETO (2007) valores superiores a 65°C devem ser evitados. Eles destacam que nessa temperatura ocorre a eliminação dos microrganismos mineralizadores responsáveis pela decomposição dos resíduos orgânicos. Através da temperatura também é possível determinar a maturação do composto. É importante salientar que a temperatura ambiente do local em que será implantado o processo de compostagem deve ser levado em consideração, pois a todo momento e principalmente durante os revolvimentos é feita a troca de temperatura do meio interno e externo, influenciando positivo ou negativamente o grau de velocidade de decomposição.

LEAL *et al.* (2013) observaram em seu estudo que no início do processo, todos os tratamentos apresentaram temperaturas elevadas, acima de 60 °C, sendo um comportamento comum, indicando elevada atividade microbiana em todos os tratamentos estudados, mesmo com valores diferentes de relação C/N, e após 60 dias de incubação, as temperaturas das pilhas se aproximaram da temperatura ambiente. KIEHL, (1985) e GÓMEZ *et al.* (2006) afirmam que quando a temperatura do composto encontra-se igual à do ambiente, provavelmente, a estabilização já ocorreu. No entanto, KIEHL (1985) destaca que o composto pode atingir a temperatura ambiente, devido à baixa umidade < 30%.

Estudos têm mostrado que a temperatura influencia diretamente nas transformações no N no composto. Ela tem importância na mineralização, que é a passagem do N orgânico para amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e na nitrificação, que é a passagem do  $\text{NH}_4^+$  para nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Em temperaturas termofílicas ocorre a formação do  $\text{NH}_4^+$ , enquanto que nas mesofílicas ocorre a formação do  $\text{NO}_3^-$ . No entanto, estudos têm demonstrado que a nitrificação pode ocorrer no final da fase termofílica. Resultados de pesquisa têm verificado que na compostagem de esterco de galinha com palha de arroz os teores de nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e  $\text{NO}_3^-$  tem aumentado na fase termofílica, sugerindo que os organismos que oxidam o  $\text{NH}_4^+$  pode sobreviver em temperaturas > 40 °C. Entretanto, esses resultados são contraditórios com o que se aceita universalmente, que é a ocorrência da nitrificação somente em temperaturas < 40 °C (CÁCERES *et al.* 2017).

#### **2.2.4 Aeração**

Na compostagem aeróbica, para que as reações e as atividades dos microrganismos ocorram, é preciso que exista a presença do O<sub>2</sub> (LI *et al.* 2013, KIEHL, 1985). Durante os primeiros estágios da compostagem a demanda de O<sub>2</sub> é elevada, devido a disponibilidade de materiais frescos e a atividade dos microrganismos. Ao mesmo tempo, com a umidade presente igual ou maior de 60% mais o tamanho das partículas (granulometria) impede que ocorra as trocas gasosas, onde o CO<sub>2</sub> produzido pelo processo de decomposição possa ser trocado pelo O<sub>2</sub> atmosférico. Logo, a prática do revolvimento do composto é extremamente importante (CÁCERES *et al.* 2017).

De acordo com KIEHL (1985) o revolvimento deve ser realizado em função da concentração de O<sub>2</sub> no composto, no entanto, devido à dificuldade de medir o O<sub>2</sub> na massa do composto, o revolvimento pode ser mensurado de forma grosseira utilizando outros fatores tais como temperatura, umidade e presença de moscas e maus odores. Ainda segundo esse autor, a concentração de O<sub>2</sub> diminui da parte externa para o interior do composto. E por fim, a diminuição da concentração de O<sub>2</sub> leva a morte os microrganismos aeróbicos, sendo substituído por organismos anaeróbicos, o que leva ao processo de decomposição mais lenta.

A disponibilidade do O<sub>2</sub> atmosférico está diretamente ligada as transformações do N no composto. O O<sub>2</sub> dissolvido em água tem sido utilizado como parâmetro para avaliar a disponibilidade desse elemento para as bactérias nitrificantes em compostos (CÁCERES *et al.* 2017).

#### **2.2.5 Relação Carbono/Nitrogênio (C/N)**

A relação C/N dos resíduos orgânicos exerce influência direta no desempenho dos microrganismos, juntamente com o tamanho das partículas, número de revolvimentos e aeração, determinando a facilidade e velocidade de decomposição dos materiais empregados neste processo. A ação dessa relação se dá pelo fato do C ser a fonte de energia e o N a fonte básica para a reprodução e crescimento celular. A perda do C na sua maior parte é feita na forma de CO<sub>2</sub>, sendo mais elevada na fase termofílica. Por conta disso, é possível notar, durante o processo de compostagem a taxa de C ser reduzida. Este cenário também ocorre com o N, podendo chegar a perdas de aproximadamente 80% (MARTINS e DEWES, 1992). Na compostagem o N tem processos semelhantes ao que ocorre no meio ambiente, que são

mineralização, a nitrificação e a assimilação. (CÁCERES *et al.* 2017; INSAM e BERTOLDI, 2007).

Durante o processo de compostagem é notável a redução da matéria orgânica, podendo chegar a mais de 60% de perda, decorrente de várias variáveis como duração do experimento, qualidade do material utilizado, temperatura e a razão C/N introduzido. Sendo que os microrganismos necessitam de quantidades mínimas destes dois elementos para que o processo ocorra de forma satisfatória e todas as funções esperadas sejam executadas. (BATISTA *et al.* 2007).

A razão recomendada de C/N é de aproximadamente de 30:1, pois durante o processo o valor consumido de C é cerca de 30 (trinta) vezes mais que o valor consumido de N. Sendo indicado a faixa entre 25 e 35 de relação C/N para uma compostagem com alto teor de eficiência e qualidade. (KIEHL, 1985). No entanto, relação C/N menor, da ordem de 10:1, tem apresentado bons resultados no processo de compostagem (LI *et al.* 2013). Por outro lado, segundo KIEHL (1985), relação C/N baixa entre 5:1 a 10:1 causa perda de N na forma de  $\text{NH}_3$ , empobrecendo o produto final.

### **2.2.6 Granulometria**

É extremamente importante e deve ser considerado, pois interfere diretamente o processo de compostagem, devido a ação microbiológica estar paralelamente ligada a área do material compostado, pois quanto menor as partículas, maior será a área de contato, acelerando o processo de decomposição (SILVA. 2017) Entretanto, Rodrigues *et al.* (2006) explicam que não se deve trabalhar com materiais com tamanho muito pequeno, pois pode ocorrer a compactação e dificultar a troca de gases do interior dos compostos. Materiais com maior granulometria favorece uma maior circulação de  $\text{O}_2$ , bem mais do que materiais com pequena granulometria (KIEHL, 1985).

A definição de granulometria ideal na compostagem é difícil, visto que existem inúmeros materiais utilizados e cada um com suas características particulares. Entretanto, a mistura de materiais com diferentes tamanhos pode ajudar a obtenção de um composto mais homogêneo, melhor porosidade e menor chance de compactação. Por conta disso, deve-se analisar bem as características dos materiais que serão utilizados. (RUGGIERI *et al.* 2009).

Silva (2017) afirma que o tamanho de partículas ideal é entre 10 e 50 mm, mas indica também misturar vários tipos de resíduos orgânicos para aumentar a superfície de contato, favorecer a homogeneização e não ocorrer compactação do material.

Materiais com granulometria alta tendem a oferecer uma melhor aeração na pilha, porém pode prejudicar o ciclo do C quando muito elevada. Utilizando pedaços de madeira como exemplo, eles comprometem o fornecimento de C, por conta da liberação e ação das bactérias ser superficial ao objeto utilizado, devendo ter certo controle para que a pilha não tenha uma degradação desbalanceada dos elementos (SILVA. 2017).

### **2.3 Fontes Orgânicas**

Durante o preparo de compostos orgânicos, deve ter atenção aos materiais utilizados para que tenham quantidades de carbono e nitrogênio em proporções satisfatórias a proliferação de microrganismos. Como cada material tem suas características, é necessário um estudo prévio desses nutrientes para que não se tenha um déficit no fim do processo. Dentre as fontes orgânicas encontradas no sul do estado de Roraima, os esterco apresentam a maior parcela de fonte de nitrogênio utilizado pelos agricultores, podendo citar também a gliricídia, que é uma planta com inúmeras utilidades nesta região. Em relação a fonte de carbono, as mais utilizadas são as palhadas e poda de árvores, como também a serragem que é facilmente encontrada na região.

#### **2.3.1 Gliricídia**

O gênero *Gliricidia* compreende três espécies que são a *Gliricidia sepium*, *G. maculata* e *G. brenningii*. Esta última é facilmente diferenciada das demais, no entanto, *G. sepium* e *G. maculata* são muito parecidas, podendo muitas das vezes serem confundidas. São plantas arbustivas da tribo Robinieae, subfamília Papilionoideae e família Leguminosae (LAVIN, 1996). No caso da presente revisão, as informações são sobre a *G. sepium*, visto que é mais difundida e utilizada em estudos.

A *G. sepium* é uma planta nativa do México e América Central, mas vem sendo estudada e domesticada ao longo dos séculos, podendo ser encontrada em diversos locais do globo devido sua baixa necessidade hídrica e capacidade de adaptação em diferentes temperaturas (STEWART *et al.* 1996). De acordo com SIMONS *et al.* (1996), a *G. sepium* é uma planta agressiva que pode ser encontrada em diferentes habitats e diferentes tipos de solos, com precipitação variando de 600 mm até mais de 3500 mm e altitude de 1200 m até o nível do

mar. Ainda segundo esse autor, apesar de ser uma planta que se desenvolve em solo com níveis baixos de nutrientes, é pouca tolerante a acidez e saturação elevada de alumínio ( $Al^{3+}$ ).

A *G. sepium* é uma planta que pode ser utilizada como forragem, lenha, cerca viva, controle de erosão, sombra, apoio a outras culturas, melhoramento do solo através de fixação biológica de N (FBN) e adubo verde. Em relação à adubação verde Alves *et al.* (2011), em trabalho desenvolvido no Brasil, apresentam os seguintes valores de nutrientes para as folhas e galhos de *G. sepium* (Tabela 3).

**Tabela 3.** Teores de nutrientes em folha e galho de *G. sepium*

N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
-----g kg <sup>-1</sup> -----					-----mg kg <sup>-1</sup> -----				
Folha									
35,3	1,6	18,6	19,9	5,3	2,1	748,7	46,6	10,8	4,2
Galho									
15,1	2,4	12,8	9,4	3,8	1,6	197,8	28,7	34,6	4,2

Fonte: ALVES et al. (2011).

É uma planta que pode produzir de 500 a 3000 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca (MS) de poda, dependendo das condições ambientais, densidade de plantio e frequência de corte. Na Tabela 5, encontram-se valores de MS de podas e seus respectivos valores de nutrientes que podem ser adicionados a um determinado sistema, devido a aplicação dessa biomassa (STEWART *et al.* 1996). Vale destacar que, na poda considera-se as folhas mais galhos finos e tenros, de coloração esverdeada.

**Tabela 4.** Produção de MS e valores de nutrientes em poda de *G. sepium*

MS (kg ha <sup>-1</sup> )	Nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> )				
	N	P	K	Ca	Mg
500	15-23	1-1,5	8-18	7	2-3
1000	30-45	2-3	16-36	14	4-6
2000	60-90	4-6	32-72	28	8-12
3000	90-135	6-9	48-108	42	12-18

Fonte: STEWART *et al.*, (1996).

Dentre as leguminosas que podem apresentar um potencial de uso na compostagem, a *G. sepium* tem grande destaque devido sua excelente produção de biomassa, mesmo em ambientes com disponibilidade reduzida de água e grande eficiência no processo de fixação de nitrogênio. Além de demonstrar rápida recuperação após podas sucessivas e melhoramento dos atributos químicos e físicos do solo. (BARRETO e FERNANDES, 2001).

SILVA *et al.* (2013) utilizaram diferentes proporções de ramos de *G. sepium* para verificar sua qualidade na adubação orgânica juntamente com o capim elefante e observaram um aumento linear do teor de matéria orgânica, N e outros nutrientes em decorrência do aumento da quantidade de ramos aplicados, indicando ser uma ótima fonte de nutrientes e possível substituto do esterco de animais em compostagens.

### 2.3.2 Capim Elefante

O capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) é uma gramínea, de origem africana, que foi introduzida no Brasil na década de 50. Apresenta muitas variedades como: Napier, Mercker, Porto Rico, Albano, Mineiro, Mott, Taywan, Cameroon, Roxo, entre outras. Tem ciclo vegetativo perene, com crescimento livre, podendo alcançar alturas até 3,5 metros dependendo da variedade, com uma forma de crescimento ereta, cespitosa. Produz entre 20-35 t há<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com tolerância a insetos e doenças. Sua temperatura ideal é entre 25-40°C, com mínima de 15°C (OLIVEIRA, 2012).

O capim elefante exige solos de média e alta fertilidade, além de sensibilidade ao frio e ao fogo, não tolera solos úmidos (Fonseca, 2010). O capim-elefante tem grande utilização pelos agricultores devido ao seu grande potencial na produção de biomassa, com qualidade elevada quando submetida a irrigação e adubação adequadas. Pode ser utilizada como forragem picada verde "in natura", ensilagem, pastejo e fenação, além de produção de biocombustíveis e compostagem (OLIVEIRA, 2012). De acordo com ALVES *et al.* (2011), ao analisarem o talo do capim elefante, verificaram os seguintes teores de nutrientes (Tabela 5).

**Tabela 5.** Teores de nutrientes em talo de capim elefante

N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
-----g kg <sup>-1</sup> -----					-----mg kg <sup>-1</sup> -----				
3,2	1,3	14,6	1,2	2,1	1,9	84,8	115,5	22,7	nd(1)

Fonte: ALVES *et al.* (2011). (1) nd: não detectado

Compostos orgânicos como polifenóis (PP) e lignina (L) foram analisados no talo do capim elefante, apresentando valores de 4 e 13 g kg<sup>-1</sup> para os PP e L, respectivamente. Vale destacar que, esses compostos podem interferir no processo de transformação do N (ALVES *et al.* 2011).

### 2.3.3 Estercos

Uso dos esterco na adubação

A utilização de esterco para a adubação na agricultura é uma prática muito antiga, principalmente por pequenos produtores que reutilizam materiais de suas próprias localidades, como também aqueles que buscam uma agricultura ecológica, visando o público preocupado com uma alimentação saudável, livre de fertilizantes e insumos químicas. A qualidade e composição dos esterco é muito variada, dependendo de vários fatores, como a espécie do animal, sua idade, base alimentar, a cama em que é depositado esses dejetos e também o tratamento que é feito com ele após a coleta. A alimentação do animal interfere diretamente a qualidade do esterco, sendo que, quando se fornece mais alimento que o animal necessita para sobreviver, aquele nutriente é expelido nas fezes. A idade do animal também modifica a quantidade de nutrientes, sendo que animais adultos que já possuem todo seu sistema

desenvolvido absorve menos nutrientes comparado a filhotes que estão em desenvolvimento celular. (KIEHL, 1985). De acordo com KIEHL (1985), os esterco de ovino e avícola se diferenciam em relação aos valores de N, P e K, como é possível visualizar na Tabela 6.

**Tabela 6.** Teores médios de nutrientes em esterco de ave e ovino

	N	P	K
	-----g kg <sup>-1</sup> -----		
Avícola	27,6	25,9	14,1
Ovino	14,4	4,5	17,1

Fonte: KIEHL (1985). Os valores são com base na MS.

Segundo PEREIRA (2017), o esterco de ovino coletado em propriedade local no Sul do Estado de Roraima, apresentou os seguintes valores de nutrientes com base na MS: 29,4; 14,2; 71,7; 31,7; 13,2 e 13,5 g kg<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S e 12950; 95; 5900; 372 e 1220 mg kg<sup>-1</sup> de Na, Cu, Fe, Zn e Mn, respectivamente.

#### 2.4 Qualidade de Composto Orgânico

De acordo com ALVES *et al.* (2009) a qualidade dos materiais orgânicos encontra-se relacionada pelos teores de nitrogênio (N), polifenóis (PP) e lignina (L). No entanto, outra variável muito importante é a relação C/N (KIEHL, 1985). O termo qualidade refere-se à capacidade do material orgânico em disponibilizar nutriente para as plantas. O material pode ser classificado de alta qualidade quando apresenta valores de N > 25 g kg<sup>-1</sup>, < 40 g kg<sup>-1</sup> de PP e < 150 g kg<sup>-1</sup> de L, respectivamente. (PALM *et al.* 2001).

No que se refere a relação C/N, como apresentado no tópico referente a essa variável, os valores se diferenciam entre os materiais, no entanto, valores entre 12:1 e 17:1 podem ser considerados ideais para materiais orgânicos (KIEHL, 1985). Ainda segundo esse autor, os esterco normalmente possuem relações C/N baixas, por exemplo, os esterco de ovino e ave em média apresentam relações de 32:1 e 11:1, respectivamente.

De acordo com OLIVEIRA *et al.* (2012), os compostos orgânicos estudados apresentaram valores de L que variaram de 28 a 268 g kg<sup>-1</sup>, por outro lado, os PP não foram detectados nos compostos estudados.

Os polifenóis são definidos quimicamente pela presença de pelo menos um anel aromático (fenóis) ou mais (polifenóis) nos compostos orgânicos. A lignina é um composto fenólico, porem apresenta propriedades funcionais diferentes e baixa solubilidade. Por conta disso ela é apresentada separadamente. (HÄTTENSCHWILER e VITOUSEK, 2000)

Os taninos são definidos como compostos polifenólicos solúveis em água. Por conta disso taninos e polifenóis são considerados sinônimos. Eles podem ser encontrado em plantas, raízes, madeira, frutas e brotos, desempenhando diferentes papeis na biologia vegetal, incluindo defensivos contra herbicidas e agentes patogênicos, determinante na cor das plantas, podendo até mesmo interferir no sabor de alimentos, bebidas e produtos fármacos (KRAUS *et al.*, 2003)

A mineralização de nutrientes por microrganismos geralmente é visto como um fator limitante no ciclo de nutrientes, juntamente com fatores como: clima, qualidade da matéria orgânica utilizada. Os polifenóis podem afetar a qualidade do composto, algumas vezes em maior dimensão que os parâmetros que são medidos com maior frequência como o N e L. Sendo que os polifenóis podem interagir de várias maneiras na compostagem, sendo as principais a atividade dos organismos e os efeitos físico-químicos dos nutrientes. (HÄTTENSCHWILER e VITOUSEK, 2000; KRAUS *et al.*, 2003)

KRAUS *et al* (2003) relatam em seu trabalho que existe uma contradição no meio científico em relação ao efeito dos taninos na nitrificação, onde alguns indicam que eles inibem a nitrificação e outros afirmam que não ocorre nenhuma efeito. Necessitando de estudos mais precisos em relação ao real impacto dos polifenóis na nitrificação em compostagens.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Sul do estado de Roraima, no espaço agroecológico do Núcleo de Estudo, Pesquisa, Extensão em Agroecologia (NEPEAGRO), do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima (IFRR), *Campus* Novo Paraíso, localizado na BR-174, km-512, município de Caracaraí, RR. O *Campus* encontra-se nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 1° 15' 01,46''N, longitude 60° 29' 12,30''W e uma altitude de 83,09m, determinado utilizando GPS, marca Garmin Venture. As fontes orgânicas utilizadas no estudo foram: capim elefante (*Pennisetum purpureum*), esterco de galinha e de ovino e poda de Gliricídia (*G. sepium*). Os esterco e o capim elefante foram coletados de produtores locais, enquanto que a poda da gliricídia foi coletada no NEPEAGRO. A poda da Gliricídia foi composta por folhas e galhos tenros com coloração esverdeada, geralmente com no máximo 10 cm.

As pilhas foram montadas diretamente no chão em formato de cone e cobertos com uma lona plástica para manter a umidade, devido forte insolação no local de estudo e constantes chuvas. Visando aproximar ao máximo o modelo adotado pelo pequeno produtor rural, foi utilizado a proporção de 50% de capim elefante para fonte de carbono e como fonte de nitrogênio esterco de ovino, esterco de galinha e folhas de gliricídia com 3 repetições, totalizando nove pilhas de compostos.

Trabalhou-se com três tipos de compostos nas seguintes composições: composto 1 (C1) 100 kg de capim elefante + 100 kg de esterco de galinha; composto 2 (C2): 100 kg de capim elefante + 100 kg de esterco de ovino; e composto 3: 100 kg de capim elefante + 100 g de poda de gliricídia. No momento da montagem do trabalho, coletou-se aproximadamente 200g de sub amostra dos materiais orgânicos para posterior análises. Essas sub amostras foram levadas ao laboratório, pesadas e depois colocadas para secar em estufa de ventilação forçada a 65 °C, por 72 horas. Após secagem, esses materiais foram novamente pesados e triturado em moinho tipo Willey, utilizando uma peneira < 1mm. Os materiais foram analisados de acordo com Embrapa (2009) e os resultados encontram-se na Tabela 7.

Foram coletadas sub amostras dos compostos nos dias 0, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 40, 50 e 60 após implantação do experimento. Os revolvimentos durante o primeiro mês ocorreram a cada 7 dias e em seguida a cada 15 dias, totalizando 6 revolvimentos. Os compostos foram cobertos com lona, para redução da perda de umidade. O controle da temperatura e umidade durante o primeiro mês foi realizado a cada 2 dias, para que não ocorresse um aumento extremo da

temperatura ou os compostos estivessem em um nível de umidade inferior ou superior ao recomendado, sempre realizando ajustes, como revolvimentos e exposição ao sol.

**Tabela 7.** Características químicas dos materiais orgânicos utilizados na compostagem

	C <sup>(1)</sup>	C/N	MO	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B	Na
	dag/kg		%	----- g/kg -----						-----mg/kg -----					
<i>G. sepium</i>	41,6	14,6	91,1	28,5	4,7	18,4	10,9	2,4	1,4	14	272	36	56	34	nd
Capim elefante	30,9	34,4	81,6	9,0	3,7	21,6	4,8	3,6	1,3	16	680	59	92	7	nd
Esterco ovino	28,3	10,7	71,6	26,0	9,5	50,4	13,2	6,4	7,7	65	27500	187	395	nd	1815
Esterco de ave poedeira	15,5	7,7	47,5	20,0	32,2	26,0	20,1	15,0	13,5	725	6600	1275	780	nd	6650

<sup>(1)</sup>C: Carbono total; MOT: Matéria orgânica total; N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; S: Enxofre; Cu: Cobre; Fe: Ferro; Zn: Zinco; Mn: Manganês; B: Boro; Na: Sódio.

Os compostos foram montados com duração de 60 dias, sendo que as primeiras 8 (oito) amostragens realizadas com intervalo de 4 dias, a 9ª em intervalo de 12 dias e 10ª e 11ª em 10 dias de intervalo, respectivamente. Em todas as amostras foi realizado a medição da temperatura em 3 pontos diferentes do composto, sendo eles o topo, meio e base, utilizando um termômetro de mercúrio. Logo após era retirado uma amostra de aproximadamente 150 gramas em um saco de papel e colocado em estufa de ventilação forçada e temperatura controlada a 65°C durante 72 horas. Ao mesmo tempo era feito outra pequena coleta em saco de plástico com cerca de 20 g para determinação da umidade e pH, sendo feitas imediatamente após a coleta. A umidade foi determinada por diferença de peso e o pH utilizou a relação 1:2,5, sendo determinado em CaCl<sub>2</sub> conforme metodologia proposta pela EMBRAPA (2009). As amostras que eram colocadas na estufa, posteriormente eram passadas em moinho tipo Willey, com peneira 1 mm de diâmetro. A relação C/N foi determinada pela razão entre os valores de CO/N.

As seguintes variáveis foram analisadas nas sub amostras dos compostos: carbono orgânico (CO), N, P, K, NH<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e taninos totais (TT).

## 2.1 Análise do Carbono Orgânico Total

Foi utilizado a marcha analítica seguinte com adaptações de CARMO e SILVA (2012) e MENDONÇA e MATOS (2005). Foi colocado uma massa de 30mg do composto passado por moinho Willey e peneira de 0,2mm (60 mesh) em um tubo de digestão com 5 ml de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,167 mol L<sup>-1</sup> e 10 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Depois do bloco pré-aquecido a 170°C, os tubos foram colocados por um período de 30 minutos nessa temperatura, retirados do bloco e aguardando um tempo de 15 minutos ou até atingir a temperatura ambiente. Cada amostra era transferida para erlenmeyer de 250 mL, acrescentando água destilada até um volume de aproximadamente 80mL, sendo adicionado em seguida 5 mL de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> concentrado para facilitar o ponto de viragem e 3 gotas de solução indicadora Ferrouso e titulado com uma solução de sulfato ferroso amoniacal Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O 0,4 mol L<sup>-1</sup> (solução Sal de Mohr) até atingir a cor verde esmeralda, sendo que passa pela cor azul antes do ponto de viragem final. Ao mesmo tempo era realizado provas em branco com aquecimento e sem aquecimento passando pelas mesmas condições das amostras.

O CO foi calculado utilizando os fundamentos e equações descritas por CANTARELLA *et al.*, (2001) com base no volume da solução Sal de Mohr gasto na titulação da amostra (V), do branco aquecido (V<sub>ba</sub>) e do branco sem aquecimento (V<sub>bn</sub>), conforme equação:

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

Em que:

$V_{ba}$  = Volume gasto na titulação do branco com aquecimento

$V_{bn}$  = Volume gasto na titulação do branco sem aquecimento

$V_{am}$  = Volume gasto na titulação da amostra

$CO(\text{dag kg}^{-1}) = [(A)(\text{molaridade Sulfato Ferroso})(3)(100)] / \text{peso da amostra}(\text{mg})$

Sendo que:

3 = resultado da relação entre o número de mols de  $\text{Cr}_2\text{O}_7^-$  que reagem com  $\text{Fe}^{2+}$  (1/6), multiplicado pelo número de mols de  $\text{Cr}_2\text{O}_7^-$  que reagem com o C, multiplicado pela massa atômica do C (12).

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

## 2.2 Análise de Nitrogênio Total

As sub amostras trituradas eram digeridas em um meio ácido proposto por THOMAS *et al.*, (1967). Onde utiliza-se 250 mg da sub amostra em tubos de digestão com 5 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado e colocado em bloco digestor por 30 minutos a 350 °C, esperando cerca de 15 minutos para o material esfriar e era acrescentado 0,5 ml de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (30%) na placa novamente por 8 minutos. Esse processo de esfriamento e adição de  $\text{H}_2\text{O}_2$  foi repetido até que a amostra atingisse uma cor transparente ou levemente esbranquiçada. Neste momento era deixado por mais 30 minutos no bloco digestor para eliminar todo o  $\text{H}_2\text{O}_2$  (30%) que por ventura ainda poderia conter na amostra. Assim que atingia a temperatura ambiente, era diluído para 50 ml utilizando água destilada e guardada em potes de plásticos para análise.

Foi utilizado um volume de 20mL do extrato da digestão ácida e transferido para um tubo de digestão, acoplado ao Destilador de Nitrogênio da SPLabor, colocando 10mL de NaOH 13 mol  $\text{L}^{-1}$  lentamente na solução e 10 mL de ácido bórico com indicadora de verde de bromocresol e vermelho de metila em um erlenmeyer na saída do aparelho. O processo de destilação era feito até o erlenmeyer atingir um volume de aproximadamente 50 mL. Logo após era feita a titulação desta solução utilizando o titulante HCl 0,07143 mol  $\text{L}^{-1}$ . Sendo que é possível determinar a quantidade de N pelo volume gasto de HCl multiplicando por 10, obtendo o resultado do N da amostra em  $\text{g kg}^{-1}$ .

### **2.3 Análise de Fósforo Total**

O teor de fósforo dos compostos foi determinado em espectrofotômetro de luz visível, por meio da leitura da absorvância da cor do complexo fosfomolibdico, pela redução do molibdato com ácido L-ascórbico proposto com MURPHY e RYLEY, (1962) e adaptações. Utilizou-se um espectrofotômetro de marca BEL Photonics.

Foi utilizado o extrato da digestão ácida (descrito na análise de N). Sendo que as amostras apresentavam valores altos de fósforo, então foi necessário realizar a diluição em 180 vezes. Desta diluição foi utilizado um volume de 1 ml, adicionado uma gota de solução indicadora de P-Nitrofenol, gotas de NaOH 15 mol L<sup>-1</sup> até atingir a cor amarela e logo em seguida gotas de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2,5 mol L<sup>-1</sup> até as amostras ficarem claras novamente, sendo que todo o processo deve ser feito com agitação constante.

É colocado 4ml de solução B e 25 mL de água. Esperasse 40 minutos e realiza a leitura da absorvância em espectrofotômetro de luz visível em comprimento de onda de 880nm. O mesmo procedimento era feito com a curva padrão de fósforo, utilizando 6 pontos, feito a partir da diluição do KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 5ppm em concentrações conhecidas de 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 ppm de fósforo. A solução B é feita a partir da mistura de Tartarato de Potássio Antimônio com Molibdato de Amônio em água destilada, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado e uma quantidade de ácido ascórbico.

A partir da equação formada pela curva é determinado a concentração de fósforo na solução, realizando os cálculos de diluição.

### **2.4 Análise de Potássio Total**

Utilizou-se o colorímetro, em que os cátions metálicos da amostra passam pela chama do aparelho, são excitados, retornando para seu estado fundamental, liberando parte da energia em forma de radiação em um comprimento de onda deste elemento químico. (EMBRAPA, 2009).

Utilizando o extrato da digestão ácida, realizou-se a determinação de K nos compostos. Primeiro é feito uma curva de concentração conhecida de K, utilizando solução padrão em quatro concentrações de 1, 2, 3 e 4 mg L<sup>-1</sup> de K. Foi realizado uma diluição de 20 vezes, selecionou-se o filtro de K do equipamento, aferindo no ponto 0 com água destilada e nos pontos da curva, depois disso era feito a leitura das amostras na escala do aparelho. Foi utilizado o fotômetro de chama da marca Tecnal.

## 2.5 Análise de Nitrato

Foi utilizado a metodologia proposta por NETO e BARRETO (2011). A partir do material seco em estufa e passado em moinho Willey, foi pesado 0,5g e colocado em tubo de ensaio rosqueado com 20 ml de água deionizada, em seguida foi levado ao banho maria a 45°C por uma hora. Logo após a mistura foi agitada e centrifugada por 15 minutos em 2000rpm, guardando o sobrenadante na geladeira até o momento da análise.

Foi utilizado um volume de 0,2ml desse extrato em um tubo de ensaio com 0,5 mL do reagente revelador preparado com 5% de ácido salicílico em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Agitando e deixando a mistura em repouso por 20 minutos. Em seguida foi acrescentado 10 mL de NaOH 4 mol L<sup>-1</sup>. Foi possível observar a presença da cor amarelada onde foi feita a leitura de absorbância a 410nm em espectrofotômetro de luz visível. A partir da curva padrão utilizando NaNO<sub>3</sub> com branco e 5 concentrações conhecidas de 25, 50, 100, 200 e 300 mg L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, foi possível obter a equação de regressão e cálculo da concentração de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> das amostras. Utilizou-se um espectrofotômetro de marca BEL Photonics.

## 2.6 Análise de Amônio

O NH<sub>4</sub><sup>+</sup> foi quantificado no mesmo extrato do NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (NETO e BARRETO, 2011), e a determinação de acordo com MENDONÇA e MATOS (2005) da seguinte forma: 4 mL do extrato mais 0,9 mL de RT feito pela mistura de NaC<sub>7</sub>H<sub>5</sub>O<sub>3</sub> e [Na<sub>2</sub>Fe(CN)<sub>5</sub>NO\*5H<sub>2</sub>O] com (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Na<sub>3</sub>O<sub>7</sub>\*H<sub>2</sub>O) e NaOH, logo em seguida é acrescentado 0,1 mL de NaOCl 2%. Após 2 horas de repouso, foi realizado a leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda de 646 nm, obtendo a cor azul esverdeada. Os cálculos de concentração foram obtidos pela regressão da curva padrão preparada com (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> nas concentrações 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 e 1,2 mg L<sup>-1</sup> de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Utilizou-se um espectrofotômetro de marca BEL Photonics.

## 2.7 Análise de Taninos Totais

Utilizando a metodologia proposta por EMBRAPA (2009), em um erlenmeyer com rolha de 125mL foi colocado 0,5g da amostra seca em estufa e passada em moinho Willey, com 10mL de HCl 1% preparado usando metanol como solvente. Foi agitado em mesa agitadora orbital por 20 minutos, centrifugado a 1000rpm por 10 minutos e guardados em refrigerador até o momento da análise,

Em um erlenmeyer de 125 mL foi adicionado 50 mL de água destilada com 0,2 mL do extrato, 3 mL de FeCl<sub>3</sub> 0,05 mol L<sup>-1</sup> no intervalo de 1 minuto para cada amostra, após esse

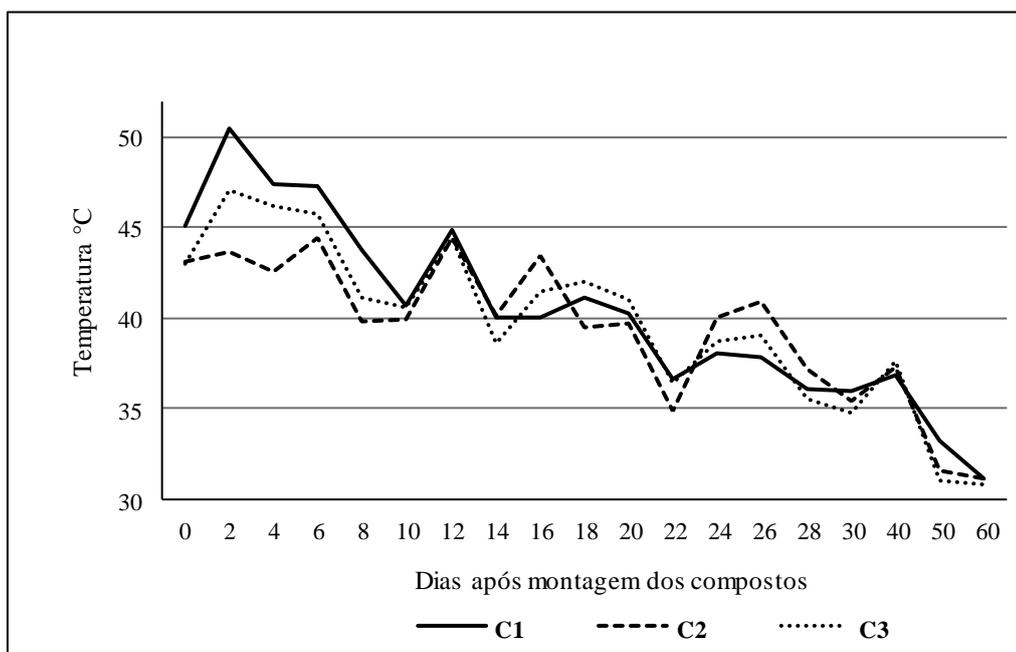
tempo acrescentado 3 mL de  $(\text{FeK}_3\text{CN})^{+6}$   $0,008 \text{ mol L}^{-1}$ . A leitura é feita em seguida no espectrofotômetro de luz visível em comprimento de onda de 720nm. A curva padrão de taninos utilizou o ácido tânico em concentrações conhecidas e o branco com a solução de HCl 1% em metanol. Utilizou-se um espectrofotômetro de marca BEL Photonics.

## **2.8 Análise Estatística**

Os dados foram analisados considerando três tratamentos (os compostos) com três repetições. Realizou-se uma ANOVA, as médias foram comparadas entre os tratamentos e dentro de cada data de coleta, utilizando o Tukey a 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2000).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao observar os dados da Figura 1, verificar-se que os compostos C1, C2 e C3 atingiram a fase termofílica (temperatura > 40°C), no primeiro dia de compostagem, ou seja, no tempo 0. Sendo uma característica incomum, pois geralmente é iniciado na fase mesofílica, e ao decorrer do tempo atingindo a termofílica com a ação gradual das bactérias, voltando para fase mesofílica no final do processo. Isso pode ter ocorrido pois o capim elefante foi coletado e armazenado em uma única pilha, mas o experimento foi montado apenas 5 dias depois, por conta da grande quantidade de material necessário para formar todas as pilhas. Nesse período o capim elefante, provavelmente, ativou a atividade microbiana, visto que sua relação C/N é uma relação boa para iniciar o processo (34:1) (Tabela 7).



**Gráfico 2.** Temperatura dos compostos

.Silva (2017) ao produzir compostos utilizando resíduos vegetais também obteve no primeiro dia de compostagem a temperatura de 59 °C, no topo da pilha, que também pode ter sido devido o armazenamento dos resíduos. Visto que o autor também armazenou os resíduos por 3 dias antes de montar as pilhas.

É importante salientar que a temperatura ambiente é um fator que influencia diretamente a variação de temperatura do processo, juntando com o fato dos compostos estarem cobertos com uma lona plástica. Infelizmente, não foi realizado o monitoramento da temperatura

ambiente para realizar uma comparação, porém segundo Pereira (2017) que realizou o monitoramento durante um ano na mesma região encontrou temperaturas entre 23 a 38 °C.

A poda da *G. sepium* utilizada na construção do composto C3 foi constituída por uma parte considerável de folhas. Sabe-se, no entanto, que nas folhas encontram-se os maiores teores de N e baixos teores de polifenóis (PP) e lignina (L) (ALVES *et al.* 2011). O que caracteriza essa matéria orgânica como lábil (PALM *et al.*, 2001). É importante destacar que, autor como KIEHL (1985) descreve que o processo de compostagem inicia na fase mesofílica, depois passa para termofílica e finaliza na mesofílica. A partir do 28º dia, todos os compostos (C1, C2, C3) entraram na fase mesofílica. Indicando que a matéria orgânica, provavelmente, já estava em processo de estabilização. Vale destacar que, no 28º dia, a U% dos compostos ainda se encontrava em valores considerados satisfatórios para a atividade microbiana. Apesar do C1 apresentar um valor menor do que o C2 e C3 (Tabela 8). De acordo com KIEHL (1985), a U% é um fator determinante no processo de decomposição. Ainda segundo esse autor, a baixa umidade faz com que o composto entre na fase mesofílica mesmo sem a matéria orgânica está estável.

Observa-se no geral que, a U% manteve acima dos 50% em todos os compostos (C1, C2 e C3). Apenas nas duas últimas datas de coletas é que a U% diminuiu dos 50% no composto C1, aliás diferindo estatisticamente do C2 e C3. A U% no composto C3 até o 24º dia se manteve acima de 75%. Depois diminuiu, mas ainda se manteve em valores acima de 50% O limite de 75% de umidade é relatado por autores como CÁCERES *et al.*, (2017) como valor crítico para a paralisação da atividade dos microrganismos, devido à redução no fluxo de O<sub>2</sub>.

Em relação ao pH, observa-se que os valores para todos os compostos ficaram na faixa alcalina. No caso do C1 os valores de pH variaram de 8,2 a 8,9, para C2 foi de 8,4 a 9,0 e para C3 os valores foram de 8,1 a 8,9 (Tabela 8). Não foi possível observar períodos de acidificação. Tanto para o C1 como para C2, de uma certa forma, já se esperava um pH elevado, devido a presença dos esterco, visto que eles já possuem um pH de neutro para alcalino (KIEHL, 1985). No entanto, o composto C3, apenas com material vegetal, também apresentou o mesmo comportamento. Ao observar os valores de CO, verifica-se que no primeiro dia de compostagem (tempo 0) os valores de diferenciaram entre os compostos. O C3 apresentou o maior valor (39,5%), enquanto que o C2 teve 27% e o C1 apenas 13,9%. Na última data de coleta os compostos não se diferenciaram em relação aos teores de CO (Tabela

8). A redução nos teores de CO é natural, devido ao processo de decomposição oxidar carbono e liberar o mesmo para atmosfera.

**Tabela 8.** U%, pH, CO e relação C/N

Composto	Dias após montagem dos compostos										
	0	4°	8°	12°	16°	20°	24°	28°	40°	50°	60°
	<b>U%</b>										
C1	69,5b	67,0b	61,5c	62,1c	58,6b	54,7b	56,2b	53,0b	57,2a	48,0b	48,0b
C2	72,6b	77,3a	74,2b	74,7b	79,1a	70,5a	69,0a	68,7a	64,8a	63,3a	63,3a
C3	77,7a	79,8a	83,4a	80,8a	79,4a	79,9a	76,4a	74,1a	72,0a	67,0a	67,0a
CV%	2,34	4,73	4,50	3,31	11,13	6,32	7,20	6,73	9,19	5,61	5,61
	<b>pH</b>										
C1	8,3a	8,6b	8,8ab	8,7ab	8,7ab	8,9a	8,7ab	8,7ab	8,4a	8,2a	8,2b
C2	8,4a	8,6a	8,9a	8,9a	9,0a	9,0a	9,0a	9,0a	8,7a	8,5a	8,6a
C3	8,5a	8,9b	8,6b	8,7b	8,1b	8,6b	8,2b	8,5b	8,3a	8,0a	8,2b
CV%	0,96	0,82	1,21	1,16	4,10	1,03	3,46	2,04	2,37	2,41	1,50
	<b>CO%</b>										
C1	13,9c	14,2b	15,4b	21,9a	14,6b	22,0a	16,2a	12,4a	12,4c	15,6a	10,5a
C2	27,0b	27,1ab	24,7ab	29,4a	33,4a	22,6a	22,5a	22,5a	23,1b	14,7a	14,3a
C3	39,5a	34,6a	26,6a	24,6a	41,4a	29,9a	32,6a	20,4a	29,1a	17,6a	18,2a
CV%	14,15	23,88	17,95	17,24	20,27	14,04	30,43	26,58	5,99	24,40	25,00
	<b>C/N</b>										
C1	6,6b	6,6a	5,6a	11,9a	10,2a	12,8a	10,5a	8,8a	8,9b	12,3a	8,1a
C2	8,0ab	17,0a	7,4a	9,4a	19,0a	12,0a	11,2a	11,4a	12,7b	10,2a	8,5a
C3	10,5a	11,3a	9,4a	6,9a	17,7a	12,0a	23,4a	11,9a	18,5a	10,2a	10,4a
CV%	15,64	80,72	38,44	30,58	36,77	20,15	79,22	29,79	16,91	16,33	15,36

C1: Composto com 50% de capim elefante e 50% de esterco de galinha; C2: Composto com 50% de capim elefante e 50% de esterco de ovino; C3: Composto com 50% de capim elefante e 50% de poda de gliricídia; U%: Umidade; pH: potencial hidrogeniônico em CaCl<sub>2</sub>; CO%: Carbono orgânico; C/N: Relação carbono/nitrogênio; CV%: Coeficiente de variação. Letras minúsculas iguais na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Observando as relações C/N dos compostos, verifica-se que todos os compostos já iniciaram o processo com baixas relações C/N. Essas relações se mantiveram muito próximas, durante todo período de compostagem, em todos os compostos. Entretanto, a combinação entre relação C/N baixa e pH alcalino faz com que ocorra perda de N, na forma de  $\text{NH}_3$  (KIEHL, 1985). Isto, talvez explique a diminuição nos valores de N no final do período de compostagem. Entretanto, não se comparou estatisticamente os valores de N da primeira e última data (Tabela 9).

Quando se analisou os materiais orgânicos separadamente, observou-se que o esterco de galinha ( $20 \text{ g kg}^{-1}$ ) apresentou menos N do que a *G. sepium* ( $28,5 \text{ g kg}^{-1}$ ) e o esterco de ovino ( $26,0 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Tabela 7). Chama a atenção o valor do N no esterco de ovino, visto que se encontra bem acima do valor médio apresentado por KIEHL (1985). Por outro lado, o valor de  $26,0 \text{ g kg}^{-1}$  de N está próximo do valor verificado por Pereira (2017) que foi de  $22,4 \text{ g kg}^{-1}$  para esterco de ovino em trabalho com compostagem na região. Chama atenção os valores de N no esterco de ovino ( $1815 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e de galinha ( $6650 \text{ mg kg}^{-1}$ ). No caso do ovino, ao sal que é adicionado no cocho e as galinhas adicionado a ração.

Em relação ao N nos compostos, verifica-se que os compostos iniciaram com um valor de N e no final apresentaram valores menores. o Composto C1 com um valor final de 1,2%, o C2 com 1,6% e o C3 com 1,7%. Esses valores não se diferenciaram estatisticamente. Considerando a U% e o teor de N na data final e uma dose de 20 t/ha. Os compostos adicionariam ao solo os seguintes valores de N: 124,8; 118,4 e 112,2  $\text{kg ha}^{-1}$  de N em C1, C2 e C3, respectivamente.

Em relação ao P, destaca-se os valores desse elemento no composto C1. Valores sempre diferentes estatisticamente dos C2 e C3. Exceto na 12ª data. No mais, observa-se que os valores de P durante a compostagem expressaram os valores dos materiais utilizados, basta comparar esses valores com os valores da Tabela 7. Os materiais apresentaram os seguintes valores de P: 4,7; 3,7; 9,0; e  $32,2 \text{ g kg}^{-1}$  a *G. sepium*, capim elefante, esterco de ovino e esterco de ave, respectivamente.

Já em relação ao K, verifica-se que o C2 apresentou os maiores valores de K, diferenciando estatisticamente do C1 e C3 até o 40º dia. Sabe-se, no entanto, que K é um elemento muito móvel. Teodoro (2016), ao trabalhar com composto orgânico produzido com poda de *G. sepium*, capim napiê e esterco bovino, verificou valores

**Tabela 9.** Teores de N, P e K nos compostos

Composto	Dias após montagem dos compostos										
	0	4°	8°	12°	16°	20°	24°	28°	40°	50°	60°
<b>N g kg<sup>-1</sup></b>											
C1	20,5b	21,6a	27,6a	19,1b	14,6a	17,6b	15,8a	16,5a	14,0a	12,6a	12,6a
C2	33,5ab	26,5a	33,3a	32,0ab	18,0a	18,6b	20,5a	19,6a	18,1a	14,1a	16,6a
C3	38,4a	30,8a	31,5a	37,0a	27,1a	25,0a	20,8a	16,8a	16,1a	17,3a	17,5a
CV%	18,32	38,25	26,49	18,01	38,56	11,87	42,08	25,08	13,86	20,57	17,70
<b>P g kg<sup>-1</sup></b>											
C1	22,0a	24,8a	24,1a	9,8a	16,3a	27,5a	22,8a	20,3a	36,6a	29,1a	30,9a
C2	3,5b	4,3b	2,8b	2,3a	2,7b	5,3b	5,4b	4,8b	8,3b	7,0b	7,4b
C3	3,4b	2,5b	0,8b	1,6a	1,1b	4,6b	4,2b	2,2b	4,3b	4,6b	4,9b
CV%	59,25	21,19	41,80	86,57	17,33	32,65	43,37	46,59	16,96	25,02	27,59
<b>K g kg<sup>-1</sup></b>											
C1	18,2b	18,2b	17,4b	28,1a	20,6b	22,4b	18,0b	13,8b	15,8b	14,2a	14,1a
C2	40,9a	45,0a	42,4a	42,2a	37,8ab	37,2a	34,1a	37,7a	29,6a	21,6a	23,3a
C3	22,8b	19,7b	23,6b	30,9a	25,4a	26,8b	24,4b	20,6b	18,0b	19,2a	19,6a
CV%	14,13	10,71	11,15	19,72	23,92	9,45	13,83	18,22	18,05	20,30	23,15

C1: Composto com 50% de capim elefante e 50% de esterco de galinha; C2: Composto com 50% de capim elefante e 50% de esterco de ovino; C3: Composto com 50% de capim elefante e 50% de poda de gliricídia; N: Nitrogênio total; P: Fósforo total; K: Potássio total; CV%: Coeficiente de variação. Letras minúsculas iguais na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

de P e K, no final da compostagem, de 8,1 e 4,9 g kg<sup>-1</sup>. No caso do K, o valor ficou muito abaixo do que foi observado para o presente trabalho.

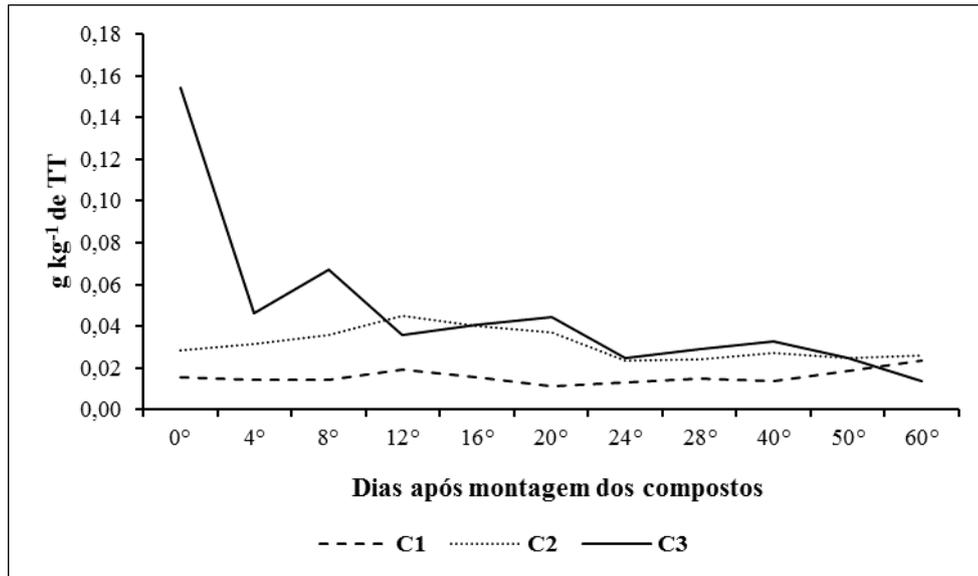
Na Tabela 10, observa-se que os teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> encontram-se com os valores elevados de coeficiente de variação (CV%), o que impossibilita uma análise consistente em relação aos dados. No entanto, vale destacar que o NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> foram determinados utilizando os métodos descrito por NETO e BARRETOS (2011) e MENDONÇA e MATOS (2005), ambos com uso de colorímetro. De acordo com SILVA *et al.* (2009) os valores de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> em compostos imaturos costumam ser maior do que 0,4 g kg<sup>-1</sup>. Segundo CÁCERES *et al.* (2017), a transformação de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> em NO<sub>3</sub><sup>-</sup> se intensifica no final da fase termofílica para a mesofílica. Logo, os compostos ao atingirem a maturação apresentam maiores concentrações de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

No Gráfico 1, encontra-se os valores de taninos totais (TT) nos compostos orgânicos durante o processo de compostagem. Observa-se que os teores de TT foram baixos nos compostos orgânicos. De acordo com PALM *et al.*, (2001) valores > 40 g kg<sup>-1</sup> de PP é considerado alto para materiais orgânicos, quando estuda a decomposição desses materiais. Os maiores valores de TT foram verificados no composto C3, enquanto que no C1 e C2 verificaram-se os menores valores. Os valores observados encontram-se muito abaixo dos valores verificado nos materiais orgânicos que compõem os compostos, por exemplo, a folha da *G. sepium* de acordo com ALVES *et al.*, (2011) apresentou 22,6 g kg<sup>-1</sup> de PP, enquanto que o talo do capim elefante apresentou 4,3 g kg<sup>-1</sup>. No Gráfico 2, verifica-se a relação TT/N. Essas relações foram extremamente baixas. OLIVEIRA *et al.*, (2012) não detectou a presença de PP em compostos orgânicos.

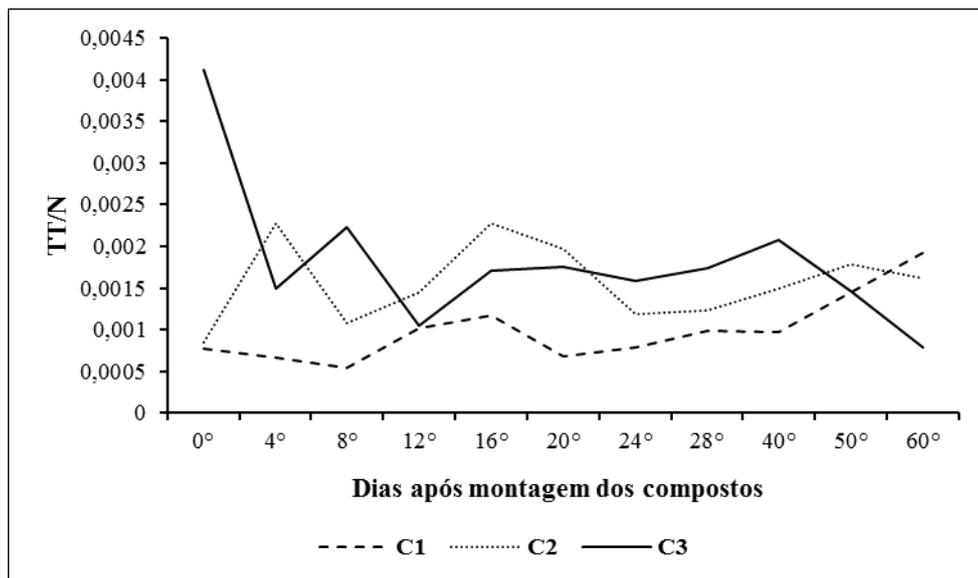
**Tabela 10.** Teores de nitrato e amônio nos compostos

Composto	Dias após montagem dos compostos										
	0	4°	8°	12°	16°	20°	24°	28°	40°	50°	60°
	<b>NO<sub>3</sub> g kg<sup>-1</sup></b>										
C1	2,0b	3,3b	7,0a	3,7b	3,2b	3,3b	5,4a	3,2c	2,9b	5,3a	3,7b
C2	8,4a	8,0a	7,9a	6,1a	5,8ab	8,1ab	6,0a	6,6b	5,1b	7,1a	4,1b
C3	6,2ab	8,0a	5,7a	7,0a	8,3b	13,6a	23,4a	17,7a	21,6a	36,5a	39,0a
CV%	35,17	9,43	21,13	11,20	17,79	29,07	76,61	14,29	51,79	80,32	80,06
	<b>NH<sub>4</sub> g kg<sup>-1</sup></b>										
C1	2,6a	1,2a	2,5a	0,6a	0,2b	0,4a	0,2b	0,3a	0,5a	0,4a	0,2a
C2	0,3b	0,4a	0,3a	0,5a	0,2b	0,2a	0,2b	0,1a	0,3a	0,3a	0,3a
C3	0,3b	0,5a	1,1a	2,2a	0,4a	0,5a	0,6a	0,3a	0,5a	0,4a	0,3a
CV%	12,52	79,21	98,21	146,43	6,82	29,63	34,07	41,15	17,04	23,56	14,19
	<b>NO<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub> g kg<sup>-1</sup></b>										
C1	4,6a	4,6b	9,5a	4,3a	3,5b	3,8b	5,6a	3,6b	3,5b	5,7a	3,9b
C2	8,8a	8,4a	8,3a	6,6a	6,0b	8,3ab	6,2a	6,8b	5,4b	7,4a	4,5b
C3	6,6a	8,6a	6,8a	9,2a	8,8a	14,1a	24,1a	18,1a	22,1a	37,0a	39,4a
CV%	28,33	2,48	18,20	29,10	16,64	27,50	73,49	14,27	50,01	78,81	78,43

C1: Composto com 50% de capim elefante e 50% de esterco de galinha; C2: Composto com 50% de capim elefante e 50% de esterco de ovino; C3: Composto com 50% de capim elefante e 50% de poda de gliricídia; NO<sub>3</sub>: teor de nitrato nos compostos; NH<sub>4</sub>: teor de amônio nos compostos; NO<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub>: relação entre nitrato e amônio nos compostos. CV%: Coeficiente de variação. Letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas iguais na linha não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Sknott nott a 5%.



**Gráfico 3.** Teores de taninos totais (TT) em compostos orgânicos



**Gráfico 4.** Relação TT/N em compostos orgânicos

## 4 CONCLUSÕES

Diante dos dados, pode-se concluir que: os materiais orgânicos utilizados no presente trabalho produzem compostos orgânicos com boas características químicas, que podem ser utilizados em plantas a partir do 50º dia. Sendo, portanto, uma ótima opção para os agricultores reduzirem seus custos.

O composto orgânico produzido apenas com material vegetal apresentou-se com boas características químicas. Isto torna-se relevante, visto que o agricultor não precisa ter animal em propriedade para geração de esterco como fonte de N para a compostagem.

## LITERATURA CONSULTADA

- ALVES, R. N. **Qualidade e decomposição de materiais orgânicos presentes em propriedades rurais do semi-árido**. 2009. 58 p. Tese (Doutorado em Tecnologias Energéticas Nucleares) – UFPE, Pernambuco.
- ALVES, R. N., MENEZES, R. S., SALCEDO, I. H., & PEREIRA, W. E.. **Relação entre qualidade e liberação de N por plantas do semiárido usadas como adubo verde**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 15.11: p. 1107-1114. 2011.
- BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. **Cultivo de Gliricídia sepium e Leucaena leucocephala em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, n.10, p.1287-1293, 2001.
- BATISTA, J. G. F.; BATISTA, E. R. B. **Compostagem: Utilização de compostos em horticultura**. Universidade dos Açores - CITA-A. 254 p. 2007.
- CÀCERES, R., MALÍNSKA, K.; MARFÀ, O., O. **Nitrification within composting: A review**. Waste Management, 2017.
- CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. V. **Determinação da matéria orgânica**. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais, 2001, 9: p. 173-180.
- CASSOL, P. C.; VEZARO, M. A.; CASA, A. M. **Teores de matéria seca, C orgânico, nutrientes e pH em esterco de bovinos, suínos e aves**. REUNIÃO SULBRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 1994, 1: p. 62-63.
- CARMO, D. L. do; SILVA, C. A. **Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2012, 36.4.
- COSTA, E.M. SILVA, H.F.; RIBEIRO, P.R.A. **Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas**. Enciclopédia Biosfera; v.9, n.17, p. 1842-1860, 2013.
- COSTA, M. L. S. **ESTUDO DE PROCESSOS DE COMPOSTAGEM CENTRALIZADA E DOMÉSTICA APLICÁVEIS À EMPRESA AMBISOUZA**. 134 p. Dissertação (Mestrado). FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO. Porto/Portugal, 2014.

EMBRAPA. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e fertilizantes**/editor técnico, Fábio Cesar da SILVA. Brasília. 2. ed. rec. ampl. EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. 2009. 627p.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análise estatística-SISVAR**. Lavras: UFLA, 2000.

FINATTO, J.; ALTMAYER, T.; MARTINI, M.C. **A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura**. Revista Destaques acadêmicos, v.5, n.4, p.85-93, 2013.

FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Ed). **Plantas Forrageiras**. Viçosa: UFG, 2010, cap 6, p. 197-219.

GÓMEZ, R. B. ; LIMA, F. V.; FERRER, A. S. **The use of respiration indices in the composting process: a review**. Waste Management & Research, v.24, p.37-47, 2006.

HAMMES, V. S. **Agir: percepção da gestão ambiental**. – 3. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2012.

HÄTTENSCHWILER, S.; VITOUSEK, P. M. **The role of polyphenols in terrestrial ecosystem nutrient cycling**. Trends in ecology & evolution, 2000, 15.6: 238-243.

INSAM, H.; DE BERTOLDI, M. **Microbiology of the composting process**. In: **Waste Management Series**. Elsevier, 2007. p. 25-48.

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

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KRAUS, T. E. C.; DAHLGREN, R. A.; ZASOSKI, R. J. **Tannins in nutrient dynamics of forest ecosystems-a review**. Plant and Soil, 2003, 256.1: p. 41-66.

LAVIN, M. **Taxonomy**. In: STEWART, J. L. Ed(s). **Gliricidia sepium Genetic resources for farmers**. Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford, 1996. p 3-17.

LEAL, M. A. de A., GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. DA S. **Compostagem Compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.17, n.11, p.1195–1200, 2013.

- Li, Z., Lu, H., Ren, L.; He, L. **Experimental and modeling approaches for food waste composting: A review**. Chemosphere, 2013, 93.7: p. 1247-1257.
- MARTINS, O.; DEWES, T. **Loss of nitrogenous compounds during composting of animal wastes**. Bioresource technology, 1992, 42.2: 103-111.
- MENDONÇA, E. DE S. e MATOS, E. da S. **Matéria Orgânica do Solo: Métodos de análises**. Viçosa: UFV. Departamento de Solos. 77p. 2005.
- MURPHY, J.; RILEY, J. P. **A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters**. Analytica chimica acta, 1962, 27: 31-36.
- NETO, J. T P. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Viçosa – MG: UFV, 2007.
- NETO, E. B; BARRETO, L. P. **Análises Químicas e bioquímicas em Plantas**. Recife: UFRPE, Editora Universitária da UFRPE. 261p. 2011.
- OLIVEIRA, E. S. A. **Variação de Caracteres Morfoagronômicos e da Qualidade da Biomassa em Seis Genótipos de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em Função de Diferentes Levels de Nitrogênio e Análise da Viabilidade Econômica em Campos dos Goytacazes, RJ**. 2012a. PhD Thesis. Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- OLIVEIRA, F. N. S.; LIMA, H. J. M.; CAJAZEIRA, J. P. **Sombra Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos**. - Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical - 89, 2004. 17 p.
- OLIVEIRA, L. B. de; ACCIOLY, A. M. de A.; MENEZES, C.; SIMÕES, R.; ALVES, R. N.; BARBOSA, F. S.; SANTOS, C. L. R. dos. **Parâmetros indicadores do potencial de mineralização do nitrogênio de compostos orgânicos**. Idesia (Arica), 2012b, 30.1: 65-73.
- PALM, C. A., CATHERINE, N; GACHENGO, DELVE, R.J; CADISCH, G; GILLER, K. E. **Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database**. Agriculture, Ecosystems and Environment, 83:27-42, 2001.
- PEREIRA, H. R. **Produção e uso de composto orgânico a base de pó de serra na cultura da abóbora**. 2017. 47 p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Universidade Estadual de Roraima, Boa Vista.

- PERGOLA, M., PERSIANI, A., PALESE, A. M., DI MEO, V., PASTORE, V., D'ADAMO, C., & CELANO, G. **Composting: The way for a sustainable agriculture**. Applied Soil Ecology, 2017.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- RODRIGUES, M. S.; SILVA, F. D.; BARREIRA, L. P.; KOVACS, A. **Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos**. SPADOTTO, CA; RIBEIRO, W. Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria. FEPAF. Botucatu, 2006, p. 63-94.
- RUGGIERI, L.; GEA, T.; ARTOLA, A.; SÁNCHEZ, A. **Air filled porosity measurements by air pycnometry in the composting process: a review and a correlation analysis**. Bioresource technology, 2009, 100.10: p. 2655-2666.
- SILVA, F. A. M. **Parâmetros de maturação para diferentes compostos orgânicos**. Revista Brasileira de Agroecologia, 2009, 4.1.
- SILVA, R. L. M. da. **Influência da Granulometria no processo de compostagem de resíduos sólidos vegetais**. Dissertação - Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental. Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017. 84 p.
- SILVA, V. M. D.; RIBEIRO, P. H.; TEIXEIRA, A. F. R.; SOUZA, J. L. D. **Qualidade de compostos orgânicos preparados com diferentes proporções de ramos de gliricídia (*Gliricidia sepium*)**. Revista Brasileira de Agroecologia, 2013, 8.1: 187-198.
- SIMONS, A. J. **Ecology and Reproductive Biology**. In: STEWART, J. L. Ed(s). **Gliricidia sepium Genetic resources for farmers**. Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford, 1996. p 19-29.
- STEWART, J.L., ALLISON, G.E., SIMONS. A.J. **Gliricidia sepium. Genetic resources for farmers**. Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford, 1996. 140p
- TEODORO, M. S. **Confecção de compostos orgânicos em Parnaíba, PI**. Embrapa Meio-Norte-Comunicado Técnico (INFOTECA-E). 2016

THOMAS, R. L. SHEARD, R. W.; MOYER, J. R. **Comparison of Conventional and Automated Procedures for Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Analysis of Plant Material Using a Single Digestion** 1. *Agronomy Journal*, 1967, 59.3: p. 240-243.

VALENTE, B. S., XAVIER, E.G.; MORSELLI, T.B.G.A *et al.* **Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos**. *Archivos de Zootecnia*, v. 5, p. 59-85, 2009.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P.C.; LUCHESE, A.V. *et al.* **Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes de adubação**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.9, p.948–954, 2014.

## **APÊNDICES**

Fotos diversas da montagem e acompanhamento das pilhas de compostos



**Figura 1.** Compostos C1, C2 e C3



**Figura 2.** Composto C3



**Figura 3.** Umedecimento dos compostos C1, C2 e C3

