



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM
CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Produção e Caracterização de Húmus em Diferentes Substratos
Compostados

MARCELO FERNANDES PEREIRA DA SILVA

Itapetinga-Bahia

Março - 2017



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA –
BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM
CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**Produção e Caracterização de Húmus em Diferentes Substratos
Compostados**

Autor: Marcelo Fernandes Pereira da Silva

Orientadora: Prof^a Dr^a Carmen L. de S. Rech

Co- orientador: Prof^o Dr José Luiz Rech

Colaboradores: Prof^o MSc Danilo J. Leão
Prof^o MSc Ricardo M. Santos

“Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE CIÊNCIAS AMBIENTAIS, no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia- Área de Concentração: Meio Ambiente e Desenvolvimento”

Itapetinga-Bahia

Março - 2017

631.86 Silva, Marcelo Fernandes Pereira da
S581p Produção e caracterização de húmus em diferentes substratos compostados. / Marcelo Fernandes Pereira da Silva. – Itapetinga, BA: UESB, 2017.
68fl.

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS, no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Área de concentração: Meio Ambiente e Desenvolvimento. Sob a orientação da Prof^a. D.Sc. Carmen L. de S. Rech, coorientação do Prof. D.Sc. Dr José Luiz Rech e colaboração do Prof. M.Sc. Danilo J. Leão e Prof. M.Sc. Ricardo M. Santos

1. Adubação orgânica - Vermicomposto. 2. Resíduos de animais estabulados. 3. Resíduo de conteúdo ruminal. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, *Campus* de Itapetinga. II. Rech, Carmen L. de S. III. Rech, José Luiz. IV. Leão, Danilo J. V. Santos, Ricardo M.. VI. Título.

CDD(21): 631.86

Catálogo na Fonte:

Adalice Gustavo da Siva – CRB 535-5ª Região

Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Adubação orgânica - Vermicomposto
2. Resíduos de animais estabulados
3. Resíduo de conteúdo ruminal

MARCELO FERNANDES PEREIRA DA SILVA

**“PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE HÚMUS EM DIFERENTES
SUBSTRATOS COMPOSTADOS”**

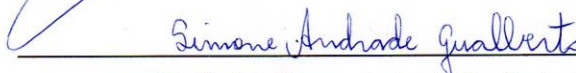
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* de Itapetinga, BA. Área de Concentração: Meio Ambiente e Desenvolvimento.

Aprovada em: 17/03/2017

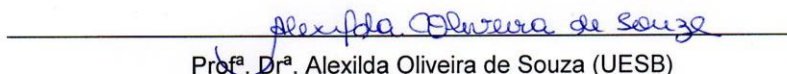
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Luiz Rech (Coorientador/UESB)



Prof.ª. Dr.ª. Simone Andrade Gualberto (UESB)



Prof.ª. Dr.ª. Alexilda Oliveira de Souza (UESB)

*A minha pequena Júlia Vitória,
fonte de inspiração, força e coragem.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e saúde. Aos meus pais, Valdeci e João, pela dedicação e sacrifícios de uma vida para que hoje eu pudesse alcançar mais este objetivo.

À minha companheira Vera Lúcia, pelo apoio, incentivo e auxílio, determinantes para conclusão desta etapa.

À Universidade Estadual do Sudeste da Bahia, por me proporcionar uma formação profissional de excelência no curso de agronomia em Vitória da Conquista e por permitir a continuidade através do curso de mestrado em Ciências Ambientais da PPGCA em Itapetinga.

Aos meus orientadores, Prof.^a Dr.^a Carmen Lucia de Sousa Rech, pelo acolhimento, paciência e por todos os ensinamentos acadêmicos e de vida, ao Prof. Dr. José Luiz Rech, pelo apoio, contribuições e ensinamentos.

Ao Professor Danilo Junqueira Leão por todo apoio prestado e aos professores do PPGCA, pelos ensinamentos.

Ao amigo Daniel Ferreira da Silva pelo incentivo, amizade e pela orientação no inicial.

Ao Ricardo Moreira Santos/ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano e Henrique Luís da Silva/UESB pelo apoio principalmente na construção do projeto inicial, fundamental para o ingresso no programa e conclusão do curso.

Ao zootecnista Alex Aguiar Figueiredo e aos futuros zootecnistas, Mateus Lacerda de Souza Santos e Maicon Rodrigues Porto pelo apoio e contribuição no processo de

compostagem, fase de execução do projeto pesquisa que requereu bastante dedicação e trabalho.

Aos colegas do programa pelo companheirismo e convivência harmoniosa e prestativa.

Aos colegas da Coordenação de Unidade Educativa de Campo - CUEC pelo apoio, ao Laboratório de Nutrição animal e Microbiologia da UESB/Campus de Itapetinga, em especial a Alex Aguiar Figueiredo, Ícaro Assunção Costa, José Roberto Amorim e Keila Costa, pela contribuição prestada.

À CEPLAC- Comissão Executiva da Lavoura Cacaueira pelo apoio prestado nas análises químicas e aos funcionários do Setor de Campo Agropecuário, SETRAS e Transporte da UESB pela prestação de serviços, fundamental para o desenvolvimento da pesquisa.

SUMÁRIO

	Página
1.INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	18
3.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1 Panorama de resíduos de efluentes de animais em regime intensivo.....	19
3.2 Impactos Ambientais no ar, água e solo.....	20
3.3 Dejetos Animais e sua utilização	21
3.4 Compostagem.....	22
3.4.1 Fatores que afetam a compostagem.....	26
3.4.1.1 Aeração	26
3.4.1.2 Temperatura	26
3.4.1.3 Umidade	28
3.4.1.4 Relação C:N	29
3.4.1.5 pH	31
3.5 Produção de húmus.....	31
3.6 Matéria orgânica do solo	34
4. MATERIAL E MÉTODOS	36
4.1 Local e período	36
4.2 Preparo da amostra	36
4.2.1 Dejetos animais.....	36
4.2.2 Produção de húmus	40
4.3 Análise físico-química	41
4.4 Análise microbiológica.....	42
4.5 Tratamentos e delineamento experimental	42
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1 Temperatura da compostagem	44

5.2 Parâmetros químicos e físicos dos compostos e tratamento testemunha solo	46
5.2.1 Sódio x sobrevivência das minhocas.....	47
5.3 Parâmetros químicos e físicos dos húmus obtidos	48
5.3.1 pH.....	48
5.3.2 Umidade	49
5.3.3 Matéria orgânica.....	50
5.3.4 Relação C:N	50
5.3.5 Macronutrientes e micronutrientes	51
5.4 Compostos x húmus.....	53
5.5 Parâmetros microbiológicos	54
6. CONCLUSÃO.....	57
7. REFERÊNCIAS.....	58

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Temperatura e tempo necessário para destruição de alguns organismos ..	28
Tabela 2. Relação C:N de diferentes materiais	30
Tabela 3. Médias de temperatura na fase termófila.....	46
Tabela 4. Variáveis analisadas no húmus: pH, matéria orgânica (MO), Umidade e relação C:N.....	47
Tabela 5. Variáveis que foram analisadas nos substratos decompostos e tratamento testemunha: pH, Carbono (C), Nitrogênio (N), Relação C:N, Matéria Orgânica (MO), Umidade do Compostos (UC) produzidos.....	47
Tabela 6. Macronutrientes (N,P,K,Ca,Mg,Na e Ca) presentes no húmus.....	49
Tabela 7. Macronutrientes e sódio presentes nos substratos	52
Tabela 8. Micronutrientes(Fe, Zn, Cu e Mn) presentes no húmus.....	53
Tabela 9. Análises microbiológicas, <i>Salmonella sp.</i> , coliformes termotolerantes e ovos de helmintos.....	56

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Esquema simplificado do processo de compostagem	25
Figura 2. Fases da compostagem em função da temperatura	27
Figura 3. Umidade ideal	29
Figura 4. Umidade em excesso	29
Figura 5. Caixa de fibra de vidro e dreno adaptado para escoamento do chorume.....	37
Figura 6. Sistema de drenagem das composteiras	37
Figura 7. Distribuição dos dejetos nas composteiras	38
Figura 8. Caixas de fibra de vidro com resíduos experimentais	38
Figura 9. Drenagem do chorume oriundo dos resíduos experimentais compostados.....	39
Figura 10. Minhocários utilizados para produção de húmus	40
Figura 11. Inoculação das minhocas nos minhocários.....	41
Figura 12. Temperatura dos compostos.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS

C	Carbono
Ca	Cálcio
C:N	Carbono/nitrogênio
CEPLAC	Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira
cCR	Composto de Conteúdo Ruminal Fresco
cDA	Composto de Dejetos de Aves
cDS	Composto de Dejetos de Suíno
cDB	Composto de Dejetos Bovino de Vacas em Lactação
cDO	Composto de Dejetos de ovino
CR	Resíduos de Conteúdo Ruminal Fresco
CTC	Capacidade de Troca de Cátions
Cu	Cobre
DS	Dejetos Sólidos
DBO	Demanda Bioquímica do Oxigênio
Fe	Ferro
hCR	Húmus de Conteúdo Ruminal
hDS	Húmus de Dejetos Sólidos da Suíno
hTs	Húmus de solo
K	Potássio
Mapa	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento

Mg	Magnésio
Mn	Manganês
MO	Matéria orgânica
N	Nitrogênio
Na	Sódio
NPK	Nitrogênio, fósforo e potássio
P	Fósforo
SETRAS	Setor de Tratamento de Resíduos da Agroindústria e Sólidos
TS	Testemunha solo
UC	Umidade de compostos
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Zn	Zinco

RESUMO

O grande desafio para as atividades agropecuárias é o desenvolvimento de um sistema de produção, que não afete adversamente os recursos ambientais, principalmente o solo e a água. Por conseguinte, os profissionais que atuam na área devem desenvolver alternativas tecnicamente viáveis, para gerenciar o efluente oriundo das atividades agropecuárias. A utilização de húmus na adubação tem sido cada vez mais realizada pelos agricultores nos sistemas orgânicos de produção que são baseadas em práticas sustentáveis e ecologicamente corretas. Portanto, estudar e desenvolver procedimentos alternativos de reciclagem de resíduos sólidos, utilizando a compostagem e a minhoca *Eisenia foetida*, para produção de húmus, visando à valorização do composto, bem como, à redução do volume produzido e minimização do impacto ambiental, foram os objetivos do presente estudo. A pesquisa foi realizada nas dependências da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB no Setor de Tratamento de Resíduos da Agroindústria (SETRAS) e no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, onde foram estabelecidos os seguintes tratamentos: Testemunha solo (TS) oriundo do IFBaiano, Dejetos bovinos de vacas em lactação (DB) do curral do IFBaiano; Dejetos de ovino (DO), oriundos do Sítio Ivone; dejetos de aves (DA) do setor de avicultura da UESB; Dejetos sólidos de suínos (DS) da Suinocultura da UESB e Resíduos de conteúdo ruminal fresco (CR) oriundo de frigorífico JBS/Itapetinga. Após a compostagem do material foi executado um delineamento experimental de blocos ao acaso com 6 tratamentos e 4 repetições. De acordo com os resultados constatou-se a morte das minhocas nos tratamentos de DB, DA e DO em virtude dos altos valores de sódio encontrados nas amostras. Quanto à produção de húmus a partir de conteúdo ruminal e de dejetos suínos, apesar de não se enquadrarem completamente na legislação vigente como fertilizante orgânico para fins comerciais, apresenta-se como uma alternativa para utilização em propriedades rurais, possibilitando redução dos custos com a aquisição de fertilizantes minerais, além de representarem uma importante ferramenta a favor do meio ambiente, contribuindo para um sistema de produção sustentável.

Palavras-chave: Adubação orgânica; Resíduos de animais estabulados; Resíduo de conteúdo ruminal; Vermicomposto.

ABSTRACT

The major challenge for agricultural activities is the development of a production system that does not adversely affect environmental resources, especially soil and water. Therefore, professionals working in the area must develop technically feasible alternatives to manage effluent from agricultural activities. The use of humus in fertilization has been increasingly performed by farmers in organic production systems that are based on sustainable and environmentally friendly practices. Therefore, studying and developing alternative procedures for the recycling of solid waste, using composting and *Eisenia foetida* earthworm, for humus production, aiming at the valorization of the compound, as well as the reduction of the volume produced and minimization of the environmental impact were the objectives of the present study. The research was performed at Southwest Bahia State University (UESB) in the Waste Treatment Sector of the Agroindustry (SETRAS) and at the Federal Institute of Education, Science and Technology Baiano (IFBaiano), where the following treatments were established: from IFBaiano, Soil control (TS) and Bovine animals from lactating cows (DB) from IFBaiano corral; Sheep manure (OD), originating from the Ivone Site; Poultry (DA) from the poultry sector of the UESB; Solid waste from swine (DS) from UESB Swine and Residues with fresh ruminal (CR) content from JBS / Itapetinga. After the composting of the material, a completely randomized experimental design with 6 treatments and 4 replications was executed. According to the results, death of earthworms was observed in DB, DA and DO treatments due to the high sodium values found in the samples. Regarding humus production from ruminal content and swine manure, although they do not fully comply with current legislation as organic fertilizer for commercial purposes, it is presented as an alternative for use in rural properties, making it possible to reduce costs with the acquisition of mineral fertilizers, besides representing an important tool in favor of the environment, contributing to a sustainable production system.

Key words: Confined animal waste; Environmental Sciences; Fresh rumen content; Organic fertilization; Vermicompost.

1. INTRODUÇÃO

A reciclagem de resíduos sólidos orgânicos permite o aproveitamento de materiais que, de certa forma, seriam descartados indevidamente na natureza, contribuindo para diminuir as agressões ambientais e assegurar a qualidade de vida da sociedade.

Os dejetos oriundos das atividades agrícolas e da produção animal podem conter elevadas cargas de elementos indesejáveis para o meio ambiente, tais como os microorganismos patogênicos e metais tóxicos, necessitando de tratamentos que visem reduzir ou até mesmo anular o potencial poluidor. Dentre as alternativas possíveis de destinação dos resíduos oriundos da pecuária, destacam-se a compostagem e a produção de húmus, processos empregados no tratamento de resíduos orgânicos, que tem se mostrado eficientes na transformação destes dejetos e reinserção dos mesmos nos sistemas de produção agrícola, contribuindo para a promoção da sustentabilidade no campo. A possibilidade de reaproveitamento de resíduos é considerada imprescindível para a continuação sustentável do processo tecnológico (BARBIERI, 2011).

A compostagem é uma tecnologia privilegiada, pois permite o processamento integrado de vários resíduos urbanos e agroindustriais, bem como, a produção de insumo de boa aceitação no mercado, além de permitir a implantação de métodos sustentáveis de produção, sendo particularmente adequada ao Brasil, além de se destacar pelo baixo custo de implantação, segurança sanitária e por apresentar, ainda, excelentes resultados agronômicos, contribuindo, desta forma, para fechar o ciclo ecológico dos nutrientes retirados do solo pela agricultura e melhorar a condição física e química dos solos (PROSAB, 1999).

Estudar e desenvolver procedimentos de reciclagem de resíduos sólidos utilizando a criação de minhocas para a produção de húmus permite produzir um composto com propriedades agronômicas que poderá ser utilizado na própria propriedade como fertilizante na jardinagem, floricultura, pastagens ou fruticultura, proporcionando retorno financeiro (MANNA et al., 1977; KIEHL, 1985; AQUINO; LOUREIRO 2004).

A produção de húmus é uma alternativa a ser considerada, devido a sua

simplicidade e rentabilidade (KIEHL, 1985).

O processo em que se utilizam minhocas para digerir a matéria orgânica provocando a sua degradação é conhecido como minhocultura, que acelera o processo de compostagem resultando num produto final de excelente qualidade, capaz de melhorar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo aumentando a diversidade de organismos benéficos no mesmo (AQUINO; LOUREIRO, 2004). As dejeções das minhocas são ricas em nutrientes, principalmente em nitrato, cálcio, fósforo, magnésio e potássio, e, apresentam ainda alta capacidade de troca de cátions (CTC) e elevado teor de matéria orgânica (MANNA et al., 1977). Portanto, a utilização do húmus na adubação, tem sido cada vez mais realizada na agricultura, trazendo benefícios como a elevação da sua capacidade de troca de cátions e, conseqüente, a elevação dos níveis de nutrientes requeridos pelas plantas. Geralmente, quanto maior a CTC do solo, melhor será sua fertilidade, pois adsorve íons positivos como cálcio, magnésio e potássio, nutrientes essenciais para os vegetais.

Espera-se que, com os resultados obtidos nesta pesquisa, seja possível contribuir para produção de sistemas orgânicos de produção, baseados em práticas sustentáveis, oferecendo alternativas para produzir alimentos de melhor qualidade para o consumidor. A espécie *Eisenia foetida* tem como principal característica a capacidade de se alimentar de diferentes fontes de material orgânico, sendo bastante utilizada na produção de húmus.

Nesse sentido, o referido estudo objetivou desenvolver procedimentos alternativos de reciclagem de resíduos sólidos, através da produção de húmus a partir de diferentes substratos, verificando a possibilidade de indicação de sua utilização como fertilizante orgânico.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

- Avaliar e caracterizar a qualidade do húmus produzido pela minhoca da espécie *Eisenia Foetida* em diferentes resíduos sólidos orgânicos quanto a sua composição físico-química e microbiológica.

2.2 Específicos

- Oferecer alternativas de reciclagem de resíduos sólidos oriundos da produção animal, utilizando a minhoca Vermelha da califórnia (*Eisenia Foetida*), reduzindo, desta forma, o potencial poluidor de determinados dejetos dos animais,
- Caracterizar os produtos obtidos da vermicompostagem (húmus), através de diferentes substratos decompostos, considerando sua composição química, física e biológica;
- Verificar a possibilidade de indicação do húmus produzido como fertilizante orgânico, contribuindo para um sistema de produção sustentável, melhoria da qualidade do solo através do incremento de nutrientes, e, por conseguinte a produção agrícola.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Panorama de resíduos de efluentes de animais em regime intensivo

Segundo dados do MAPA (2014), no Brasil são produzidos por ano cerca de 180 milhões de toneladas de dejetos de animais criados em regime intensivo. A Embrapa (2016), informa que o Brasil está entre os líderes do mundo na produção de dejetos e, considerando apenas os rebanhos confinados de bovinos, aves e suínos a produção de estrume e urina, chega a 410 milhões de toneladas por ano, o equivalente a mais de um milhão de toneladas por dia.

O conteúdo ruminal, que é um subproduto resultante do abate de bovinos em frigoríficos, normalmente é disposto aleatoriamente na natureza, podendo gerar impactos ambientais de grande magnitude. Considerando que bovinos, produzem em média dez por cento do seu peso corporal de dejetos de conteúdo ruminal, e que o Brasil é o maior produtor comercial de bovinos, estas informações se tornam ainda mais preocupantes, tendo em vista o potencial poluidor destes dejetos no solo, mananciais e ar.

Lopes et al., (2014) afirmam que os dejetos de suínos, podem conter altas concentrações de metais, que, se dispostos de forma inadequada, podem contaminar o ambiente e outros animais nele presentes. Segundo o IBGE (2016), a produção média diária de dejetos de suínos é de 5,8 quilos/dia e o rebanho brasileiro é constituído por 40 milhões de cabeças.

A produção diária de biomassa animal de outras espécies de interesse zootécnico, criados em sistemas intensivos que podem contaminar o solo, lençol freático e aguadas com grande proliferação de bactérias, destacam-se a de bovinos e eqüinos com 10 quilos de produção diária e por animal e aviários 0,18 quilos por animal (COLATTO; LANGER, 2012).

Segundo Konzen, (1980), a produção diária de esterco dos animais varia de acordo com o sistema de manejo adotado e de acordo com o peso vivo do animal, podendo sofrer grandes variações em virtude de sua alimentação e sendo assim, podemos citar esta produção de esterco por Kg/animal/dia em: suínos 2,3 a 2,5; frango de corte 0,12 a 0,18; gado corte e gado leiteiro 10 a 15; ovinos de 0,5 a 0,9.

Hahnet al., (2012) afirmam que a cama de aves pode conter excesso de nutrientes, microorganismos patogênicos, resíduos químicos e até mesmo resíduos de antibióticos, fornecidos às aves.

Dentre os fatores de degradação da qualidade dos mananciais destacam-se os subprodutos originados da criação de animais confinados, mais especificamente da atividade suinícola, pois os dejetos da avicultura e bovinocultura, devido às suas propriedades e preço obtido no mercado em relação aos insumos químicos são rapidamente comercializados (SEDUMA, 1990).

Até a década de 70, os dejetos animais não se constituíam em foco de preocupação, pois o rebanho era substancialmente menor do que o atual e as unidades de produção eram menores e dispersas. Com isto, as áreas de solo onde eram depositados estes materiais tinham a capacidade de absorvê-los, permitindo sua utilização como adubo orgânico (OLIVEIRA 1993).

O lançamento de grandes quantidades de dejeções em rios e lagos resultam em problemas como o desequilíbrio ecológico e poluição resultante da redução do teor de oxigênio dissolvido na água devido à alta demanda bioquímica do oxigênio (DBO) e da carga orgânica.

Portanto, o descarte inadequado de resíduos orgânicos oriundos da pecuária e da agroindústria promove impactos ambientais negativos como à poluição do ar, do solo e da água, por conseguinte, faz-se necessário que o setor produtivo atue de forma sustentável.

3.2. Impactos Ambientais no ar, água e solo

A pecuária é a atividade agrícola que se destaca na produção e geração de gases. Os principais gases emitidos pelos sistemas de criação animal são o dióxido de carbono (CO_2) e o metano (CH_4), bem como os gases de formados pelo nitrogênio, (NH_4 , N_2O e N_2). Estes gases possuem alto potencial de afetar negativamente a qualidade do ar, no que se refere ao âmbito local, regional e até mesmo global, sendo o CO_2 o gás mais abundante na atmosfera e maior contribuidor para o efeito estufa e aquecimento global (SEDUMA, 1990).

Com relação aos mananciais, a deposição inadequada dos resíduos vem contribuindo de forma significativa para a contaminação dos mesmos, podendo gerar contaminação por metais ou através da redução do oxigênio dissolvido promovido pela

alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO). A contaminação não se restringe ao local onde inicialmente os dejetos são lançados, pois os rios normalmente cortam diversos municípios e o impacto negativo causado pode tomar dimensões incalculáveis.

A disposição ou aplicação de dejetos no solo podem além de contaminar os mananciais, contribuir para a eutrofização dos mesmos. Considerando que o solo possui uma capacidade de suporte em relação aos elementos químicos, a aplicação excessiva de dejetos orgânicos pode também gerar a contaminação dos mesmos. Outro aspecto, é que os materiais orgânicos podem conter metais pesados provenientes das rações fornecidas aos animais, tendendo a se acumular no solo devido a sua alta reatividade com a matéria orgânica e argilominerais, atingindo às camadas mais profundas e consequentemente o lençol freático (NASCIMENTO et al., 2015).

3.3 Dejetos de animais e sua utilização

A forma mais utilizada de reinserção dos dejetos de origem animal na propriedade rural, e na forma de adubo orgânico, reutilizando o material no sistema de produção. A utilização in natura não é recomendada, devido a presença de organismos patogênicos e instabilidade térmica devendo o produto passar por algum tratamento antes de ser utilizado.

O uso desses compostos na forma de adubo orgânico na superfície do solo e o monitoramento dos atributos químicos possibilitam observar que doses maiores de composto propiciam aumentos do conteúdo de P, K, Ca, Mg e pH a 10 cm de profundidade no solo sob consórcio de alface e cenoura (PIMENTEL et al., 2009).

A aplicação de dejetos de suínos na fertilização do solo, atendeu à demanda nutricional da braquiária (*Brachiaria decumbens*), promovendo aumentos na produtividade de massa seca, massa verde e proteína bruta (PRADO et al., 2006). Com isso, a aplicação de dejetos de suíno se apresenta como uma maneira de ciclagem e disponibilidade de nutrientes aos vegetais (CERETTA et al., 2005).

Peixoto Filho et al. (2013), comparando o desempenho de esterco de aves, bovinos e ovinos e fertilizantes químicos utilizados no sistema convencional de produção no cultivo alface encontrou melhores produtividades com as fontes orgânicas comparadas aos fertilizantes químicos minerais. O esterco de frango proporcionou maiores

produtividades de alface no primeiro cultivo; contudo, a partir do segundo cultivo foi superado pelos esterco bovino e ovino.

Segundo Benedetti et al. 2009, a substituição do adubo químico na forma de uréia pelo uso da cama de frango provou ser eficiente em pastagens com capim *Panicum maximum* cv. Mombaça, em sistemas de lotação rotacionada. De acordo com Kiehl (1997), o efeito da matéria orgânica sobre a produtividade pode ser direto por meio do fornecimento de nutrientes ou pelas modificações das propriedades físicas do solo, melhorando o ambiente radicular e estimulando o desenvolvimento das plantas.

De acordo Lima et al. (2007), avaliando a influência da adubação orgânica nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico, concluíram que a adubação orgânica com cama de frango pode ser considerada uma importante fonte de nutrientes.

Silva et al., 2005, estudando a fertilidade baixa no Luvisolo, especialmente no conteúdo de matéria orgânica do solo, observaram que a distribuição de esterco bovino proporcionou progresso satisfatório na produtividade de algodão colorido em função da adubação orgânica.

Figueiredo et al., 2012 avaliando a mineralização de esterco de ovinos e sua influência na produção de alface, concluiu que a adição de esterco promoveu um aumento da produção e da atividade microbiana do solo.

O conteúdo ruminal, é um resíduo gerado em frigoríficos de maior relevância, necessitando de especial atenção ao seu gerenciamento principalmente pela sua elevada umidade e dificuldade de destinação, bem como elevado volume produzido (ROSA, 2009).

Ao avaliar o efeito da aplicação do conteúdo ruminal no solo, Trautmann-Machado (2011) afirmou que houve melhora em diversos atributos do solo, principalmente os níveis de fósforo. A mesma autora verificou resultados positivos na produção de capim *Brachiaria brizantha* e pinhão manso. Estudos realizados por Santos (2013), afirmam que o uso dos dejetos deverá estar condicionado ao emprego de sistemas de fermentação capazes de reduzir os riscos sanitários a um plano de manejo de nutrientes compatíveis com o tipo de solo e plantas.

3.4 Compostagem

Diante da necessidade de se destinar adequadamente resíduos orgânicos

proveniente das atividades agropecuárias, a compostagem se apresenta como uma excelente alternativa de reutilização, sendo particularmente adequada ao Brasil e pode ser implementada com baixo custo, segurança sanitária, excelentes resultados agronômicos, pois contribui para fechar o ciclo ecológico dos nutrientes retirados do solo pela agricultura e melhorar a resistência à erosão das terras agricultáveis. A compostagem é uma tecnologia privilegiada por permitir o processamento integrado de vários resíduos urbanos e agroindustriais, bem como a produção de um insumo de boa aceitação no mercado, além de permitir a implantação de métodos sustentáveis de produção (FERNANDES; SILVA, 1999).

O composto é resultado de um processo controlado de decomposição bioquímica da matéria orgânica, transformadas em um produto mais estável e aproveitável como fertilizante. Portanto, a compostagem é uma técnica idealizada para obter mais rapidamente e em melhores condições a desejada estabilização da matéria orgânica (KIEHL, 2002). Esta depende da interação dos microrganismos e de condições favoráveis como temperatura, umidade, aeração, pH, relação carbono/nitrogênio, granulometria do material, dimensões das leiras e o tipo de compostos orgânicos utilizado (BIDONE, 2001).

É um processo controlado de decomposição microbiana, de oxidação e de oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido, compreendendo uma fase inicial rápida mesofílica, que se caracterizam pela atuação células microbianas em estado de latência com uma intensa atividade metabólica, apresentando uma elevada síntese de DNA de enzimas (KIEHL, 2002; CORRÊA, 2003). Posteriormente, ocorre uma fase de bioestabilização, atingindo finalmente a terceira fase, onde ocorre a humificação ou maturação, acompanhada da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica como nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio, passando da forma orgânica para a inorgânica, tornando-se disponíveis estes minerais as plantas.

Os resíduos orgânicos *in natura* passam naturalmente por um processo de fermentação ao longo dos dias quando armazenados, pois o processo é puramente microbiológico e, por tanto, a sua eficiência depende da ação e da interação dos microrganismos, associada à ocorrência de condições favoráveis ao processo como a temperatura, a umidade, a aeração e o pH. Este processo caracteriza-se pela atuação de microrganismos específicos que se alimentam do material e liberam calor. A ação destes microrganismos pode elevar a temperatura do material consideravelmente, a ponto de matar outros organismos não adaptados, dentre eles, as minhocas. O

metabolismo dos microrganismos é exotérmico e durante o processo de fermentação, principalmente, desenvolve-se um natural e rápido aquecimento da massa com a multiplicação da população microbiana, produzindo temperaturas acima de 70°C. As altas temperaturas no processo de compostagem são importantes pelo fato de eliminarem organismos patogênicos a exemplo de *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*, ovos de helmintos e alguns vírus (HECK, 2013).

Os organismos patogênicos, pouco resistem a temperaturas próximas de 50 a 60°C por certo período de tempo. Estas temperaturas elevadas ocorrem em uma faixa denominada de termofílica, situadas entre 50-55°C e tendo como temperatura máxima 85°C. As temperaturas que vão de 25 a 40°C encontram-se na faixa denominada de mesófila, podendo chegar ao máximo de 43°C. Uma terceira faixa chamada criófila (crio=frio), inicia-se quando a temperatura da composteira atinge a temperatura ambiente, coincidindo com a fase de maturação do composto (KIEHL, 1985).

Como a compostagem é um processo biológico de decomposição da matéria orgânica, a presença de água é imprescindível para as necessidades fisiológicas dos organismos, os quais não sobrevivem na sua ausência, sendo considerada adequada entre 40 e 60%, no entanto é considerada uma umidade ótima na faixa de 55% (KIEHL, 1985).

O equilíbrio da relação carbono/nitrogênio (C:N) é um fator de importância fundamental (ZHU, 2005), já que o principal objetivo do processo é criar condições para fixar nutrientes, para que possam ser posteriormente reciclados, quando da utilização do composto orgânico.

O carbono é fonte básica de energia para as atividades vitais dos microrganismos e, na falta do nitrogênio, não ocorre a reprodução celular dos mesmos. Em geral, os resíduos palhosos como os vegetais secos, são fontes de carbono. Os resíduos fecais se caracterizam por serem fontes de nitrogênio. O excesso de carbono leva a um aumento do período de compostagem, neste caso, o nitrogênio necessário é obtido das células mortas dos microrganismos. Durante a compostagem a degradação da matéria orgânica leva a uma redução do carbono orgânico. O nitrogênio total é composto pelos nitrogênio orgânico, nítrico e amoniacal, que aumenta em virtude da mineralização e conseqüentemente, observa-se diminuição da relação C:N (KIEHL, 1985).

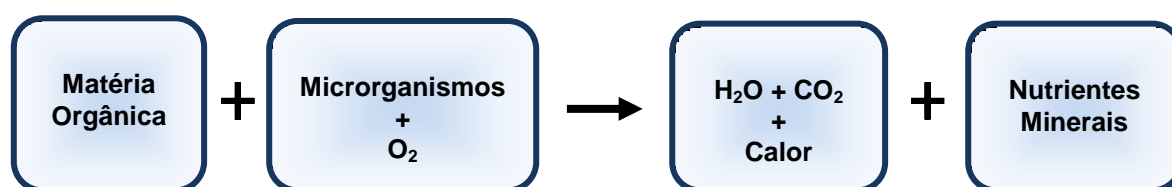
Durante a fase de maturação, há a continuidade da degradação pela redução dos microrganismos patogênicos remanescentes e ocorre a humificação dos intermediários

mais estáveis. Os fungos principalmente os actinomicetos tornam-se o grupo dominante, dando continuidade à degradação de substâncias mais resistentes como a celulose e a lignina. Nesta fase, ocorrerão complexas reações enzimáticas, levando à produção de húmus por meio da condensação entre a lignina e proteínas (PEREIRA NETO, 2007). Por outro lado, a utilização somente do resíduo orgânico ou somente de resíduo palhoso, dificilmente será capaz de fornecer um balanceamento de nutrientes propício para o desenvolvimento do processo de compostagem, sendo, portanto, recomendada a utilização de ambos, misturados em uma proporção ideal.

Os microorganismos necessitam da presença de macro e micro nutrientes para suas atividades metabólicas e dentre os nutrientes utilizados pelos microorganismos, dois são de extrema importância, o carbono e o nitrogênio, cuja concentração e disponibilidade biológica afetam o desenvolvimento do processo (PEREIRA NETO, 2007).

O processo basicamente transforma os resíduos orgânicos com características desagradáveis, em um material com odor agradável que melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo e oferece minerais que podem ser absorvidos pelas plantas e microorganismos benéficos (Figura 1).

Figura 1. Esquema simplificado do processo de compostagem



Fonte: Adaptado de Fernandes e Silva, 1999.

As bactérias, fungos e actinomicetos são os principais microorganismos responsáveis pela transformação da matéria orgânica em húmus e nenhum processo laboratorial ou industrial conseguiu produzir húmus sintético (KIEHL 1998).

Santos (2013), utilizou dejetos de suínos associado a diferentes substratos para serem compostados e afirmou que os tratamentos que obtiveram melhores resultados no processo de compostagem foram dejetos de suínos associado aos substratos serragem e maravalha, aos quais produziram um compostado com propriedades agrônômicas, aumento nos teores de minerais, além de nutrientes necessários para o desenvolvimento

microbiano, o que favoreceu a homogeneização da massa compostada.

3.4.1 FATORES QUE INFLUENCIAM NA COMPOSTAGEM

3.4.1.1 Aeração

A compostagem é considerada um processo aeróbico, dada a necessidade de oxigênio demandada pelos microrganismos envolvidos e, portanto, a aeração é fundamental para o processo. Durante a compostagem, a demanda por oxigênio é alta e sua ausência pode comprometer a atuação dos microrganismos e influenciar negativamente o processo.

O revolvimento do material promove a circulação de ar e consequente entrada de oxigênio, acelerando a decomposição. É fundamental uma boa aeração principalmente na fase inicial da compostagem, onde a demanda por oxigênio é maior (SANTOS, 2013; SANTOS et al., 2016).

Com relação ao tamanho, partículas muito pequenas promovem a compactação, comprometendo a aeração e, conseqüentemente, promovendo a anaerobiose. Resíduos inteiros e demasiadamente grandes, retém menos umidade e apresentam menor superfície de contato, sendo menos expostas a ação de microrganismos elevando o tempo de compostagem (PROSAB,1999).

3.4.1.2 Temperatura

A Figura 2 (FERNANDES; SILVA,1999), ilustra as fases da compostagem em função da temperatura.

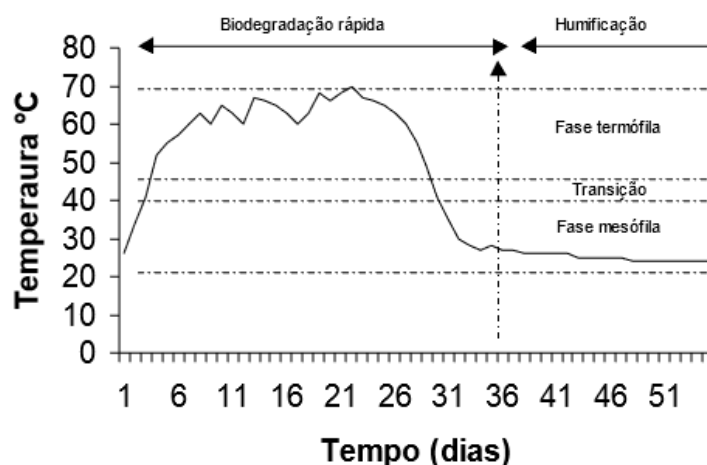
Na compostagem (SANTOS, 2013; SANTOS et al., 2016) a temperatura está relacionada à taxa de oxigenação, podendo determinar a eficiência do processo e o ideal é que seja mantida entre 40-60°C, onde proporcionará o desenvolvimento de uma população microbiótica diversificada. A digestão da MO ocorre com elevação da temperatura, devido ao desenvolvimento dos microrganismos. Com essa elevação da temperatura, pode ocorrer fuga ou até mesmo morte das minhocas, por isso a necessidade da pré-compostagem.

Valente et al. (2009) afirmam que no início da decomposição dos resíduos orgânicos, na fase mesófila, predominam bactérias, que são responsáveis pela quebra inicial da MO, promovendo a liberação de calor na massa em compostagem e ocorre também a atuação de

fungos, que são seres heterotróficos, utilizando a MO sintetizada pelas bactérias e por outros microrganismos como fonte de energia (PEREIRA NETO, 2007).

Esses microrganismos são produtores de ácidos, que degradam as proteínas, os amidos e os açúcares (TURNER, 2002). Como o metabolismo dos microrganismos é exotérmico, parte do calor gerado durante a oxidação da MO acumula-se no interior da leira (TANG; LISTE; ALEXANDER, 2002), elevando a temperatura de 25 para 40–45°C, em um período de 2 a 3 dias (KIEHL, 1985), sendo que quando a temperatura atinge valores acima dos 45°C, a atividade microbiológica mesofílica é suprimida pela implantação da comunidade microbiana termofílica (TIQUIA, 2005), ocorrendo a morte de microrganismos mesófilos, havendo a multiplicação de actinomicetos, bactérias e fungos termófilos.

Figura 2. Fases da compostagem em função da temperatura



Fonte: Fernandes e Silva, 1999.

Na fase termofílica ocorre a máxima decomposição dos compostos orgânicos, sendo considerada a fase de degradação ativa de polissacarídeos, transformando-os em subprodutos que serão utilizados pela microbiota (PEREIRA NETO, 2007). As bactérias degradam os lipídeos e as frações de hemicelulose, enquanto a celulose e a lignina são decompostas pelos actinomicetos e fungos (KIEHL, 1985; VALENTE et al., 2009).

À medida que os estoques de C são exauridos, a temperatura decresce gradualmente, até igualar-se à temperatura ambiente (VINNERAS; JONSSON, 2002). Nessa fase surgem novamente as comunidades mesófilas, que irão atuar na humificação

do composto por meio da degradação de compostos mais resistentes, como a hemicelulose e a lignina.

A redução e estabilização da temperatura com valores inferiores à 40°C conforme metodologia aplicada por Costa e Júnior (2008), indica o final da atividade dos microorganismos termófilos, nesta fase ocorre a destruição da maioria dos microorganismos patogênicos cujas temperaturas e tempo necessários estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1. Temperatura e tempo necessários para destruição de alguns organismos.

Organismo	Tempo (min)	Temperatura (°C)
<i>Salmonella sp.</i>	15-30	60
<i>Shigela sp.</i>	60	55
<i>Streptococos faecalis</i>	60	70
<i>Escherichia coli</i>	5	70
<i>Coliformes fecais</i>	15-20	60
<i>Ascaris spp.</i> (ovos)	60	55

Fonte: Adaptado de Andreoli (2001).

A bio-oxidação e estabilização da MO, resultante da ação combinada de minhocas e da microflora que vive em seu trato digestivo, é definida como vermicompostagem (EDWARDS; FLETCHER, 2006; AQUINO; NOGUEIRA, 2005).

3.4.1.3 Umidade

A compostagem possui duas fases distintas e essenciais, para o bom desenvolvimento do processo, sendo a primeira, chamada de mineralização e a segunda, chamada de humificação.

A água é fundamental para a vida microbiana, sendo que o teor ótimo no composto orgânico é entre 50 e 60%. A regulação da umidade deve ser feita através da adição de componentes que a absorvam em caso de excesso ou de água em caso de déficit (FERNANDES; SILVA, 1999). Umidades inferiores a 40% inibem a atividade microbiana, afirma Richard et al. (2002).

Teores acima 65% proporcionam condições de anaerobiose, bem como a lixiviação de nutrientes, reduzindo o tempo da decomposição e a qualidade do composto. Segundo Fernandes e Silva (1999), o excesso de água ocupa os espaços vazios, impedindo a livre circulação do oxigênio proporcionando a condição de anaerobiose.

Empiricamente a umidade pode ser verificada através do pressionamento de parte do material a ser compostado. O material ao ser pressionado deve formar um “bolo” (Figura 3), não se desfazendo facilmente, mantendo-se moldado. Caso se desfaça com facilidade, é bem provável que o material esteja com umidade abaixo dos 40%. Já o escorrimento de líquido com facilidade, indica uma umidade superior aos 60% (Figura 4), limite para um bom desenvolvimento do processo (RIBEIRO; ROCHA 2002)

Figura 3. Umidade ideal



Figura 4. Umidade em excesso



Fonte: Ribeiro e Rocha (2002).

É natural, durante o processo de compostagem, a perda de água para o meio em função do aquecimento provocado pela produção de calor. Kiehl (1985) relata que ao final do processo de compostagem a densidade do material é reduzida, principalmente pela perda de umidade.

3.4.1.4 Relação C:N

Os microorganismos necessitam de carbono para utilizar como fonte energética, bem como, nitrogênio para sintetizar proteína. Isto justifica a necessidade de se equilibrar a relação C:N em função da demanda microbiológica.

A relação C:N pode variar entre 20 e 70, sendo determinada pela composição do material utilizado. Tanto a falta de nitrogênio ou carbono podem limitar a atividade

microbiológica, sendo que grande parte dos autores recomendam que a proporção ideal para a atividade microbiana em processos aeróbios utiliza de 15 a 30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio, mantendo uma razão C/N aproximadamente entre 15/1 e 30/1 . Esses valores devem ser controlados por meio da compostagem ou pelas misturas de material a ser utilizado na vermicompostagem (VALENTE et al., 2009) .

No caso de materiais ricos em matéria orgânica e nitrogênio, é necessário à adição de outros materiais ricos em carbono, também conhecidos como materiais castanhos como pode ser observado na tabela 2. Folhas secas, resíduos de madeiras como maravalha e serragem, são exemplos de materiais bastante utilizados para nivelar a relação C:N, sendo adicionados a materiais ricos em matéria orgânica.

A relação C:N é um parâmetro confiável para o acompanhamento da compostagem até o produto acabado e unificado, no qual a relação ideal deve estar em torno de 12:1. Segundo Kiehl (1985), a relação C/N varia de acordo com o tipo de material orgânico.

Tabela 2. Relação C:N de diferentes materiais

MATERIAL	M.O. (g/kg)	C/N	C (g/kg)*	N (g/kg)	P₂O₅ (g/kg)	K₂O (g/kg)
Abacaxi (fibras)	714,1	44/1	396,0	9,0	-	4,6
Arroz (cascas)	850,0	63/1	472,5	7,5	1,5	5,3
Arroz (palhas)	543,4	39/1	304,2	7,8	5,8	4,1
Bagaço de carne	585,0	22/1	327,8	14,9	2,8	9,9
Bagaço de laranja	225,1	18/1	127,8	7,1	1,8	4,1
Borra de café	867,9	25/1	477,5	19,1	1,7	0,2
Capim-colonião	910,3	27/1	504,9	18,7	5,3	-
Esterco de gado	621,1	18/1	345,6	19,2	10,1	16,2
Esterco de galinha	540,0	10/1	304,0	30,4	47,0	18,9
Feijão guandu	959,0	29/1	524,9	18,1	5,9	11,4
Grama batatais	908,0	36/1	500,4	13,9	3,6	-
Serrapilheira	306,8	17/1	163,2	9,6	0,8	1,9
Serragem de madeira	934,5	865/1	519,0	0,6	0,1	0,1
Torta de usina de açúcar	787,8	20/1	438,0	21,9	23,2	12,3
Turfa	398,9	57/1	222,3	3,9	0,1	3,2

Fonte: Adaptado de Kiehl (1985).

Caso a relação C:N seja muito baixa, poderá ocorrer a perda de nitrogênio por volatilização da amônia e se houver excesso de carbono, haverá falta de nitrogênio, e, os

microorganismos não terão nitrogênio suficiente para síntese de proteínas, limitando seu desenvolvimento (FERNANDES; SILVA, 1999).

3.4.1.5 pH

O pH é um parâmetro que afeta os sistemas de compostagem. Iniciada a decomposição, ocorre uma fase fitotóxica pela formação de ácidos orgânicos, o que tornam o meio mais ácido do que o da matéria prima original. Entretanto, esses ácidos orgânicos e os traços de ácidos minerais formados, reagem com bases liberadas da matéria orgânica, gerando compostos de reação alcalina. Como consequência o pH do composto se eleva à medida que o processo se desenvolve, passando pelo pH 7 (neutro) e alcançando pH superior a 8 (básico), enquanto contiver nitrogênio amoniacal (KIEHL, 2002).

Inicialmente, os materiais de origem orgânica ao serem submetidos a compostagem, liberam ácidos, tornando o meio mais ácido com relação ao conteúdo original (SANTOS, 2013; SANTOS et al., 2016). Tal redução favorece o surgimento de organismos específicos, a exemplo dos decompositores da celulose, que são decompostos e posteriormente oxidados elevando o pH (PEREIRA NETO, 2007).

Fernandes e Silva (1999), afirmam que na ausência de oxigênio o pH pode descer a valores que limitam a atividade microbiana, devendo a leira ser revolvida fornecendo, então, oxigênio ao meio e elevando o pH.

3.5 Produção de húmus

Embora os microrganismos sejam responsáveis pela degradação bioquímica da MO, minhocas influenciam física e bioquimicamente o processo (NADDAFI et al., 2004). A estabilização da MO é alcançada pelo metabolismo de algumas espécies de minhocas ao se alimentarem desse material. As minhocas ingerem rapidamente a MO, transformando-a em um composto de melhor qualidade do que os produzidos pelo método tradicional de compostagem.

A criação de minhocas (minhocultura) é uma atividade recente que contribui positivamente na qualidade física e química do solo, através do seu deslocamento no solo e produção de húmus. As minhocas podem ser utilizadas como bioindicadoras, permitindo, através do estudo da presença de espécies ou comportamento, indicar a ação

antrópica em determinadas áreas como desmatamentos e queimadas (FERNANDES; UEHARA-PRADO; BROWN, 2010) ou ainda, contaminação por agrotóxicos (ANDREA, 2010).

Para ser compatível com o uso na agricultura, o composto tem que ser transformado em matéria orgânica suficientemente estabilizada (KIEHL, 1985). A produção de húmus de minhoca é uma técnica que vem sendo largamente empregada para estabilização de matéria orgânica recente, em um curto período de tempo. Essa estabilização é realizada pelo metabolismo das minhocas ao se alimentarem desse material. O vermicomposto ou húmus é o produto final, estabilizado, resultado da atividade das minhocas.

A utilização de minhocas pode ser usada na estabilização dos mais diversos tipos de resíduos orgânicos (DAUDT et al., 2004), como esterco bovino, esterco de suínos, ovinos, eqüinos e coelhos (GNOATTO, 1999).

As minhocas são organismos edáficos participantes dos processos de agregação e decomposição da matéria orgânica do solo e de resíduos vegetais, atuando na manutenção da fertilidade e qualidade dos solos de ecossistemas agrícolas e naturais (LAVELLE; SPAIN, 2001).

Steffen (2008) relata que foram identificadas no Brasil, até 2006, aproximadamente 305 espécies/subespécies de minhocas, todavia, estima-se a existência de mais de 1400 espécies, o que coloca o Brasil entre os países com maior biodiversidade desses animais do mundo.

Embora a dinâmica da atuação das minhocas sobre a decomposição da matéria orgânica do solo seja constantemente estudada (EDWARDS; ARACON, 2005), existem poucas pesquisas quanto às espécies de minhocas e aos efeitos da atuação destes organismos em diferentes tipos de solos e ecossistemas (BROWN et al., 2000). Naturalmente, durante o processo de decomposição, diversos organismos interagem acelerando ou reduzindo a decomposição de diferentes frações da matéria orgânica, dependendo do tipo, do nível de interação e da qualidade do resíduo orgânico (BONKOWSKI et al.; 1998).

As minhocas que vivem próximo à superfície do solo facilitam a decomposição dos resíduos orgânicos por fragmentarem as partículas maiores, aumentando o contato dos resíduos com o solo, bem como sua exposição à atividade de organismos e microrganismos (BROWN, 1995).

Devido ao fato de aproximadamente 60% dos resíduos ingeridos pelas minhocas serem transformados em húmus (LEE, 1985), a utilização de esterco bovino e esterco suíno consorciados com outros resíduos poderia trazer benefícios tanto para os criadores de minhocas, quanto para os pecuaristas e para o meio ambiente. Estudos realizados por Oliveira Filho et al. (2005), constaram a existência de nutrientes necessários para o crescimento vegetal a exemplo do nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, entre outros em húmus.

Contudo, as características biológicas do húmus de minhoca ainda são pouco estudadas, apesar da grande importância que exercem na continuidade da degradação da matéria orgânica e nas características sanitárias do húmus (DOMÍNGUEZ, 2011).

De acordo com Vidal et al. (2007), muitos destes resíduos, contém contaminantes orgânicos e inorgânicos, tais como metais pesados e detritos patogênicos humanos ou de animais. As minhocas atuam em vários processos indispensáveis para a manutenção da fertilidade e da qualidade dos solos. Dentre esses processos destacam-se a agregação e a decomposição da matéria orgânica do solo e resíduos vegetais, influenciando a disponibilidade de nutrientes e a atividade microbológica. (HENDRIX et al., 2006).

As minhocas ingerem diariamente uma quantidade de material equivalente ao seu próprio peso. Elas digerem os resíduos orgânicos e excretam dejetos com formas especiais, constituídos de agregados de terra e matéria orgânica, que recebem o nome de coprólitos, contendo nutrientes de plantas em alta concentração devido ao metabolismo da minhoca (DORES-SILVA; LANDGRAF; REZENDE, 2013).

O material excretado encontra-se em estado mais avançado de humificação, sendo de fácil assimilação pelas raízes das plantas. Os coprólitos são pobres em argila e ricos em matéria orgânica, nitrato, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Apresentam alta capacidade de troca catiônica, saturação por bases, umidade e capacidade de neutralização dos solos originais, quer eles sejam ácidos ou alcalinos (DORES-SILVA; LANDGRAF; REZENDE, 2013).

O húmus é rico em matéria orgânica e age como fertilizante natural, neutraliza a solução do solo, eleva a concentração de nutrientes e a resistência das plantas contra pragas e doenças (DORES-SILVA; LANDGRAF; REZENDE, 2013). Outro fator é que seu uso reduz a utilização de adubos químicos e agrotóxicos, como também auxiliando na mitigação dos impactos ambientais causados pela disposição incorreta dos resíduos usados como substrato.

No entanto, ainda são reduzidos os dados sobre as quantidades de húmus a serem aplicadas nos diferentes sistemas de produção agrícola. A qualidade do húmus como adubo orgânico depende das suas propriedades químicas, que variam em função de vários fatores, principalmente do tipo de material oferecido às minhocas para produção do húmus (VIDAL; VITTI; MORSELLI, 2007).

Embora possa ser obtido de diversos resíduos orgânicos, o esterco bovino é um dos mais utilizados pela facilidade de obtenção e aceitação pelas minhocas, como apontam certos estudos (STEFFEN, 2008). Outros materiais que podem ser misturados ao esterco bovino como condicionadores físicos do meio ou fontes extras de elementos são a casca de coco triturada (GALVÃO; ARAUJO NETO; SANTOS, 2007) ou a casca de arroz (STEFFEN, 2008). A aplicação de húmus bovino eleva os teores de matéria orgânica, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, sódio, boro, ferro e zinco, e reduz os teores de alumínio, cobre e manganês no solo, além de interferir positivamente na população edáfica que vive presente na superfície e no interior do solo (VITTI, 2006).

Os resíduos orgânicos oriundos da atividade agrícola e pecuária no Brasil são materiais com elevada disponibilidade e potencial para serem utilizados no processo de minhocultura.

3.6. Matéria orgânica (MO) x solo

A Encyclopedia of Soil Science (2006), define que a matéria orgânica (MO) é formada por todos os derivados de materiais vegetais e animais incorporados ao solo ou dispostos sobre sua superfície, na forma viva ou em variados estágios de decomposição, entretanto, não existe um consenso entre os autores sobre o conceito de matéria orgânica (DICK et al. 2009).

A MO pode ser agrupada em substâncias húmicas e não húmicas. A fração não-húmica inclui todas as classes de compostos presentes nos organismos vivos, tais como carboidratos, proteínas, peptídeos, ácidos graxos, ligninas e outros. A fração húmica é formada por substâncias de massa molecular mais elevada e variável. Essas substâncias não apresentam características químicas e físicas bem definidas, apresentam coloração amarela à marrom escura e são classificadas de acordo com sua solubilidade: ácido húmico é a fração da substância húmica solúvel em meio alcalino; ácido fúlvico é a fração solúvel em ácido e base e humina é insolúvel em ambos (STEVENSON, 1982;

KUMADA, 1987).

Sanchez-Monederot et al. (2001), afirmam que a aplicação de compostos mais humificados proporciona um efeito mais duradouro na matéria orgânica do solo e (REEVES, 1997), que é componente fundamental na qualidade dos sistemas agrícolas sendo seu teor e qualidade, fatores importantes que mantêm a fertilidade dos solos e a sustentabilidade dos agroecossistemas

A manutenção ou recuperação dos teores de matéria orgânica e da qualidade do solo pode ser alcançada, adotando-se sistemas de manejo que priorizem um maior aporte deste elemento no solo, visando um melhor balanço no fluxo de carbono e levando a uma mitigação das emissões de dióxido de carbono (CO₂) (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

A MO tem importância em solos de ambientes tropicais e subtropicais como fonte de nutrientes para as culturas, na imobilização de cátions, complexação de espécies metálicas e de micronutrientes, estabilidade da estrutura, infiltração e retenção de água, aeração e serve como fonte de carbono e energia aos micro-organismos heterotróficos, constituindo-se, assim, num componente fundamental do potencial produtivo desses solos (STEVENSON, 1982; BAYER; MIELNICKUK, 2008).

Em vegetação natural, o conteúdo de matéria orgânica do solo encontra-se estável. O uso agrícola altera esse teor, sendo observada uma redução acentuada quando utilizados métodos de preparo com intenso revolvimento do solo e sistemas de cultura com baixa adição de resíduos vegetais. Nesta situação é estabelecido um processo de degradação das condições químicas, físicas e biológicas do solo, além da perda da produtividade das culturas (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

O uso da MO promove a atuação de microorganismos presentes nos fertilizantes orgânicos que contribuem com à redução de danos provocado às culturas por organismos patogênicos, evidenciando um potencial na redução de pragas e doenças (MEHTA et al., 2014).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local e período

O trabalho foi desenvolvido na cidade de Itapetinga/BA, cujas coordenadas geográficas correspondem à latitude 15° 14' 56'' e longitude 40° 14' 52''. Sendo dividido em duas etapas distintas, a primeira realizada na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia Campus de Itapetinga, na Suinocultura, Setor de Tratamento de Resíduos da Agroindústria e Sólidos - SETRAS entre fevereiro e maio de 2016. A primeira fase constitui-se na coleta e compostagem dos resíduos de origem animal. A segunda fase foi realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Itapetinga, em ambiente protegido e temperatura ambiente controlada (28°C), no período de junho a julho de 2016, através da inoculação das minhocas ao material estabilizado.

4.2 Preparo da Amostra

4.2.1 Dejetos animais

Visando fornecer substratos para o desenvolvimento das minhocas, os resíduos foram selecionados e transportados para o SETRAS em março de 2016, sendo distribuídos em caixas d'água de fibra de vidro com capacidade para 1500 litros.

No fundo das caixas foram feitas perfurações, onde foi fixada uma tela metálica, objetivando drenar o chorume produzido no processo e eliminar o excesso de umidade (Figuras 5 e 6), evitando perda de material e permitindo o fluxo de gases. Após a lavagem e secagem das caixas, foram feitos sorteios dos dejetos onde foram acondicionados os mesmos (Figuras 7 e 8).

O material utilizado na compostagem teve a seguinte origem: dejetos de suínos oriundo das baias de terminação/UESB, de aves proveniente do setor de Avicultura/UESB, esterco de bovino de vacas em lactação oriundo do IFBaiano, de ovinos proveniente do sítio Ivone no perímetro urbano de Itapetinga, e o conteúdo ruminal proveniente do frigorífico JBS em Itapetinga.

Foi determinada uma quantidade aproximadamente 600 litros de cada material e

acondicionados nas caixas de fibra de vidro obedecendo a seguinte ordem e composição: Caixa 1: Composto de Dejetos bovino de vacas em lactação (cDB), Caixa 2: Composto de Dejetos de ovino (cDO), Caixa 3: Composto de Dejetos de Aves (cDA), Caixa 4: Composto de Conteúdo ruminal fresco (cCR) e Caixa 5: Composto de Dejetos de suíno (cDS)

Figura 5. Caixa de fibra de vidro utilizada para a compostagem e dreno adaptado para escoamento do chorume.



Figura 6. Sistema de drenagem das composteiras



Figura 7. Distribuição dos dejetos nas composteiras.



Figura 8. Caixas de fibra de vidro com os resíduos experimentais



Os tratamentos 1 e 2 (dejetos de bovino e ovino) foram umedecidos para auxiliar no início da atividade microbiana, enquanto que ao tratamento 4 (conteúdo ruminal) foi

adicionado 3 sacos de maravalha, visando reduzir a umidade excessiva, característica do material. A maravalha é um material resultante da raspagem ou aparas de madeira, com granulometria variando entre 0,15 e 2,0 cm (SANTOS, 2013) e foi adquirida na madeireira Paragominas em Itapetinga-Ba.

Os compostos foram revolvidos, três vezes por semana (segunda, quarta e sexta-feira), visando promover a aeração necessária para os microorganismos e evitar assim, a fermentação anaeróbica, bem como, registrou-se a umidade e temperatura, optando-se ou não pela adição de água caso o material se apresentasse seco.

Na segunda semana já foi possível verificar uma pequena produção de chorume (Figura 9), líquido produzido durante a decomposição.

Figura 9. Drenagem do chorume oriundo dos resíduos experimentais compostados



Verificada a estabilização da temperatura foi retirada uma alíquota de 250 gramas, acondicionada em sacos plásticos devidamente identificados e colocadas no congelador a -2°C para posteriormente serem encaminhados ao laboratório de solos da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC no município de Ilhéus-BA, onde as amostras serão analisadas quanto aos parâmetros físico-químicos: pH, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, manganês, ferro, carbono e nitrogênio, determinadas segundo a metodologia oficial do Ministério da Agricultura, descritas em: Análises de Corretivos, Fertilizantes e Inoculantes – Métodos Oficiais (2014).

4.2.2 Produção de húmus

Compostado o material foi realizado a etapa de estabilização através da produção de húmus, utilizando-se vinte vasilhames plásticos retangulares (Figura 10) com capacidade total de 6,5 L. Confeccionou-se uma tampa de tecido tipo TNT com suas bordas costuradas com elástico. O tecido é o mesmo utilizado por empresas que comercializam caixas para criação de minhocas, conhecidas como “minhobox”, pois permite a respiração e trocas gasosas da caixa como o meio externo. Outro aspecto além de promover o fechamento das caixas, é evitar a entrada de luz e fuga das minhocas.

Figura 10. Minhocários utilizados para produção de húmus.



As caixas foram acondicionadas numa sala climatizada no IFBaiano, onde a temperatura foi mantida à 28°C. Foi realizado um sorteio para distribuição dos tratamentos e repetições de forma aleatória num delineamento de blocos casualizado e as caixas foram dispostas sobre as mesas, ficando até o final da produção do húmus.

As caixas foram preenchidas com 5 litros de substrato de cada tratamento de material compostado (TS - testemunha solo; cDB- composto de dejetos bovinos; cDO - composto de dejetos de ovinos; cDA - composto de dejetos de aves; cCR - composto de conteúdo ruminal; cDS - composto de dejetos de suínos), perfazendo 6 tratamentos com 4 repetições, totalizando 24 caixas (Figura 11).

Realizado o preenchimento das caixas, foram inoculadas em cada unidade experimental 50 minhocas vermelhas da Califórnia adultas resultando numa densidade de 10 minhocas L⁻¹, conforme metodologia descrita por SILVA et al. (2002).

Semanalmente foram aferidas as temperaturas e verificadas a necessidade ou não de umidificação. Quando os materiais se apresentavam com baixa umidade eram borrifados 100 ml de água na caixa.

Figura 11. Inoculação das minhocas nos minhocários.



Decorridos os 45 dias da inoculação, foram coletadas amostras de húmus e encaminhadas conjuntamente com as amostras dos dejetos compostados para o laboratório de solos da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC para a avaliação físico-química dos seguintes parâmetros: N, C, P, K Ca, Cu, Zn, Fe, Mn, Mg, Na, além de determinação de pH e umidade. Foram também encaminhadas amostras de húmus para laboratório da UESB de microbiologia, e, os resultados foram confrontados com os parâmetros estabelecidos pela Instrução Normativa n° 25 de 23 de julho de 2009 – IN 25/09.

4.3 Análises físico-químicas

A caracterização físicoquímica do material compostado e húmus foram realizados no laboratório de solos da CEPLAC no município de Ilhéus-BA para os seguintes parâmetros: ph, cálcio, magnésio, nitrogênio, fósforo, potássio, sódio, carbono, ferro, zinco, cobre e manganês e a microbiológica realizadas no laboratório de microbiologia da UESB para húmus foi *Salmonella* sp., coliformes termo tolerantes e as análises de ovos de helmintos em laboratório particular.

A metodologia utilizada pelo laboratório foi a descrita oficialmente pelo Ministério da Agricultura, presente no Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organominerais e Corretivos (2014) conforme segue:

- **pH**: foi determinado através do método de medida potenciométrica em solução de cloreto de cálcio;
- **Carbono orgânico**: foi determinado através do método volumétrico do dicromato de potássio;
- **Matéria orgânica**: foi determinada através da mufla a 600°C e obtendo 100% cinzas;
- **Nitrogênio total**: foi determinado através do método da liga de Raney no macro Kjeldahl;
- **Determinação de Macro e micronutrientes** (Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Zn): Análise de solução mineral através de espectrofotômetro de absorção atômica;
- **Potássio**: foi determinado através do Método de fotometria de chama;
- **Fósforo**: determinado através do método de espectrofotométrico do ácido molibdovanado fosfórico.
- **Relação C:N**: % de carbono dividido pela % de nitrogênio.

4.4 Análise microbiológica

As análises de *Salmonella* sp., coliformes termo tolerantes foram realizadas no laboratório de microbiologia da UESB em Itapetinga e as análises de ovos de helmintos foram realizadas em um laboratório particular. Todas as análises microbiológicas utilizaram a metodologia descrita em Standard Methods - For the Examination of Water and Wastewater por Apha (1998).

4.5 Tratamentos estatísticos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado na pesquisa foi o de blocos casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições. A formação dos blocos levou em consideração, simultaneamente, o uso dos dejetos de bovino, suíno, ovino, aves e resíduo de frigorífico (conteúdo ruminal), submetidos ao processo de compostagem e utilizados como substrato para as minhocas, além do tratamento testemunha (solo), não compostado. Foram registradas a umidade e as temperaturas das unidades experimentais

no decorrer do experimento. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa ASSISTAT/2010 e foi utilizado o teste de Tukey ($P < 0.05$), para a comparação entre as médias dos tratamentos. Os dados de desempenho dos tratamentos foram submetidos à análise de variância, usando-se o seguinte modelo estatístico:

O modelo estatístico pode ser descrito pela equação:

$$Y_{ij} = \mu + M_i + B_j + e_{ij}$$

- Y_{ij} = observação do tratamento i no bloco j ,
- μ = constante inerente a toda observação.
- M_i = efeito da formação de substrato (i) sendo i a utilização de dejetos.
- B_j = efeito do bloco j , sendo $j = 1, 2, 3, 4, 5$ e 6 .
- e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação obtida.

Os tratamentos foram assim denominados para produção de húmus:

Tratamento 1: Testemunha solo	hTS
Tratamento 2 : Dejetos sólidos de bovino.....	hDB
Tratamento 3: Dejetos sólidos de ovino.....	hDO
Tratamento 4 : Dejetos sólidos de aves.....	hDA
Tratamento 5: Conteúdo ruminal fresco.....	hCR
Tratamento 6: Dejetos sólido de suíno	hDS

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Objetivando anular a possibilidade de ocorrência de morte das minhocas em função da elevada temperatura provocada pela decomposição dos substratos utilizados, optou-se por realizar a compostagem antes de iniciar a vermicompostagem (produção de húmus).

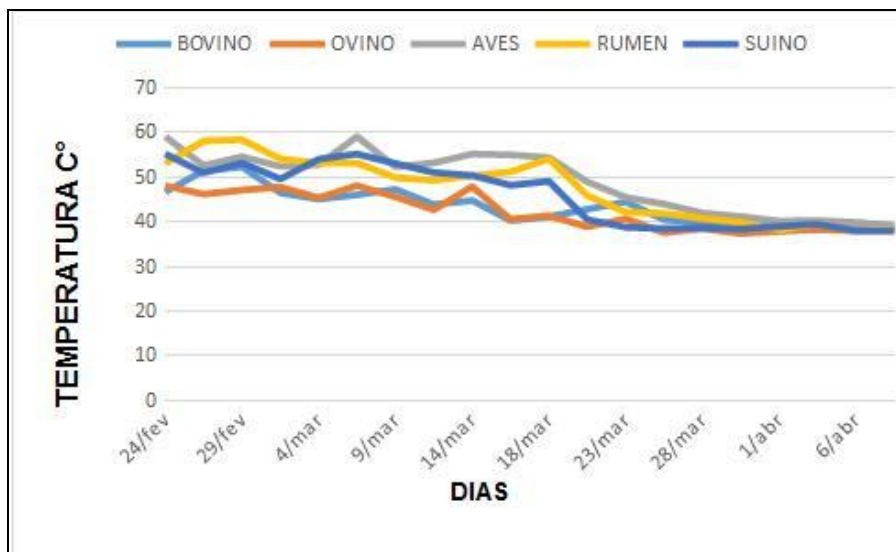
O sistema adaptado de drenagem das caixas onde foram produzidos os compostos mostrou-se eficiente, evitando assim o acúmulo de líquido e conseqüentemente a respiração anaeróbica, indesejável na produção do composto. No tratamento 4 (cCR) foi necessária a adição de maravalha pelo fato do resíduo apresentar excessiva umidade. Foi observado maior escoamento de chorume nos tratamentos que inicialmente constatou-se maior umidade (cama de aves e conteúdo ruminal).

Nos tratamentos cDB, cDO e cDA não foram verificadas minhocas vivas em nenhuma das repetições, por tanto não foi possível realizar coletas para análises físico-químicas da produção de húmus. O tratamento testemunha contendo solo e minhoca (Ts) foi comparado com os resíduos de dejetos suínos (Ds) e conteúdo ruminal (CR). No tocante a compostagem e produção de húmus, foram discutidas as médias apresentadas em termos de qualidade do composto, segundo a normatização do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2009), para todos os tratamentos.

5.1 Temperaturas da compostagem

Os valores das temperaturas estão destacados na Figura 12, onde, por volta de 30 dias após o início da compostagem, verificou-se redução na temperatura em todos os tratamentos. A queda na temperatura está relacionada ao final da fase termófila e início da fase mesófila. A frequência do revolvimento do material contribuiu para a rápida estabilização da temperatura.

A temperatura foi o principal parâmetro utilizado para indicar o momento de fornecimento do material às minhocas, considerando que as minhocas não toleram temperaturas superiores a 40°C (LOURENÇO, 2010). A estabilização das temperaturas ocorreu a partir do 35º dia após iniciada a compostagem. Baseado na literatura é que se substituiu a fase final de maturação do decomposto pela vermicompostagem, antecipando o tempo de finalização do processo de compostagem.

Figura 12. Temperatura dos resíduos da compostagem

As maiores temperaturas foram verificadas nos tratamentos cDA 59,1°C e cCR 58,4°C entre o 10º e 16º dias após iniciado do processo. Temperaturas próximas à 60°C, atingidas na fase termófila são responsáveis pela eliminação de organismos patogênicos (TIQUIA; TAM; HODGKISS, 1998). Decorridos 50 dias do início da compostagem todos os tratamentos apresentaram temperaturas inferiores a 40°C, variando entre 37,9 a 39,2°C. Observou-se ainda no mesmo período, uma considerável redução no volume do material, em decorrência principalmente da perda de umidade.

Brito (2008) e Guermandi (2015) analisando compostos de resíduos sólidos urbanos, encontraram picos de temperaturas após o revolvimento. Os mesmos foram observados no período inicial aos 10º, 18º e 22º dias nos tratamentos cDA (59,1°C), cDO (48,1°C) e cCR (54,1°C) respectivamente. Segundo Guermandi (2015), tais picos indicam o aumento da atividade metabólica dos microorganismos, resultando numa maior liberação de calor e elevação da temperatura.

Verificou-se que as médias atingidas pelos tratamentos cDB e cDO foram, respectivamente, 49,4 e 48,4°C, sendo que nenhum destes tratamentos atingiu a temperatura mínima considerada ideal de 55°C (Figura 12), em nenhuma das aferições, o que pode indicar a não eliminação dos microorganismos patogênicos, e possível contaminação e contribuição para as morte das minhocas. No tocante à compostagem de dejetos de aves, constataram-se as maiores temperaturas médias, superiores as recomendadas pela literatura (ANDREOLI, 2001).

Na Tabela 3, às médias das temperaturas na fase termófila, que compreende os primeiros 30 dias da compostagem variou de 48,4°C a 57,9°C. Para o conteúdo ruminal observou-se uma temperatura média de 56,6°C. No tratamento CDs, a média de temperatura foi de 54°C, valor semelhante ao encontrado por Santos (2013) na mesma fase.

Tabela 3. Temperaturas médias na fase termófila da compostagem

Tratamentos	Temperatura média na fase termófila
cDB	49,4
cDO	48,4
cDA	57,9
cCR	56,6
cDS	54,1

cDB- compostagem de dejetos de bovino, cDO- compostagem de dejetos de ovino, cDA- compostagem de dejetos de aves, cCR-compostagem de conteúdo ruminal, cDS- compostagem de dejetos de suíno.

5.2 Parâmetros químicos e físicos dos compostos e testemunha solo

Pode-se observar variação nos os valores de todos os parâmetros para os diferentes resíduos animais e testemunha solo (Tabela 4). O mesmo foi verificado por outros autores ao compostar diferentes materiais orgânicos (DOMINGUEZ; GÓMEZ-BRANDÓN 2014; GATIBONI et al., 2008; GUERMAMANDI, 2015), atribui-se tal variação as diferentes composições dos materiais e suas origens.

A mesma variação foi observada ao avaliar os valores de macronutrientes e sódio dos dejetos compostados e testemunha solo (Tabela 5) onde a variação dos valores também é atribuída às diferentes fontes e composição do material analisado.

Tabela 4. Valores médios dos parâmetros analisados nos substratos decompostos: pH, Carbono (C), Nitrogênio (N), Relação C:N, Matéria Orgânica (MO), Umidade do Compostos (UC) produzidos.

Tratamentos	pH (%)	C (%)	N (%)	C:N	MO (%)	UC (%)
TS	6,7	0,44	0,18	14,22	6,74	7,00
cDB	6,5	25,9	1,40	23,00	48,1	55,5
cDO	8,5	34,2	1,90	18,00	63,3	73,0
cDA	6,7	36,8	1,40	26,30	68,1	52,4
cDR	6,3	32,0	1,88	17,00	59,2	67,0
cDS	7,3	40,5	1,27	31,20	75,0	53,0

TS- testemunha solo, cDB-compostagem de dejetos de bovinos, cDO- compostagem de dejetos de ovinos, cDA - compostagem de dejetos de aves, cCR-compostagem de conteúdo ruminal, CDs- compostagem de dejetos de suínos

Tabela 5. Macronutrientes (Ca, Mg, N, P, K e sódio) presentes nos substratos.

Tratamentos	Macronutrientes (%)					
	Ca	Mg	N	P	K	Na
TS	0,44	0,09	0,18	0,25	0,20	0,60
cDB	2,40	1,10	1,40	1,50	3,30	1,21
cDO	7,40	1,20	1,90	4,00	6,80	2,26
cDA	12,6	0,40	1,40	4,40	2,00	1,26
cDR	5,04	0,27	1,88	2,21	0,40	0,70
cDS	11,3	1,00	1,27	7,80	1,50	0,94

TS- testemunha solo, cDB-compostagem de dejetos de bovinos, cDO- compostagem de dejetos de ovinos, cDA - compostagem de dejetos de aves, cCR-compostagem de conteúdo ruminal, CDs- compostagem de dejetos de suínos.

5.2.1 Sódio x sobrevivência das minhocas

Os tratamentos cCR e cDS e TS, apresentaram teores de sódio de 0,70, 0,94 e 0,60 respectivamente, ficando evidente a adaptação e aceitação das minhocas em relação a estes substratos decompostos. Nos substratos orgânicos cDB, cDO e cDA que apresentaram níveis de sódio superiores a 1% houve morte de 100% das minhocas (Tabela 5). Os valores obtidos na presente pesquisa estão de acordo aos encontrados por Costa Junior (2008), que afirma que teores elevados de sódio podem contribuir para a

não adaptação das minhocas em substratos orgânicos por apresentaram teores de sódio acima de 1% .

Oligini et al. (2015) ao verificar a tolerância de minhocas *Eisenia foetida* em diferentes concentrações de salinidade na água utilizada na rega do substrato utilizado na vermicompostagem, constatou 100% de morte nos tratamentos onde os teores de sódio na água foram superiores a 0,5%.

No solo, os efeitos do excesso do sódio promovem a redução do desenvolvimento vegetal, atribuído ao efeito osmótico; desbalanceamento nutricional em função da elevada concentração iônica e a inibição da absorção de outros cátions pelo sódio, efeito tóxico dos íons de sódio (SCHOSSLER et al., 2012).

5.3 Parâmetros químicos e físicos dos húmus obtidos

5.3.1 pH

Na Tabela 6 é possível verificar as variáveis analisadas estatisticamente como o pH, matéria orgânica, umidade e relação C:N dos tratamentos.

O pH do tratamento hDS diferiu estatisticamente ($P=0,0001$) dos demais tratamentos hTS e hCR por se apresentar alcalino, provavelmente devido ao material utilizado na composição das rações e a maravalha utilizada nas baias com o objetivo de reduzir a umidade dos dejetos.

O material presente no conteúdo ruminal, contém celulose e lignina, que até sua oxidação completa, favorecem o aparecimento de ácidos orgânicos, acidificando o meio, o que pode explicar o valor do pH do hCR de 5,8. Dores-Silva et al. (2013) atribuem a redução do pH ao processo de decomposição da matéria orgânica a produção de dióxido de carbono e ácidos orgânicos.

O tratamento hTS apresentou pH 6,3, refletindo a condição de acidez dos solos região.

Tabela 6. Valores médios dos parâmetros analisados no húmus: pH, Matéria Orgânica (MO), Umidade e Relação C:N

Tratamentos	Variáveis			
	pH	MO	Umidade (%)	C:N
hTS	6,37b	5,84c	11,29b	18,68b
hCR	5,80c	57,18b	66,98a	16,88b
hDS	7,20a	71,06a	62,83a	31,85a
IN 25/09	6,00	-	50,00	20:1
Desvio Padrão	0,098	3,02	3,22	2,87
\bar{X}	6,46	44,69	47,03	22,47
CV (%)	1,52	6,76	6,84	12,8
PROB>F	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

Médias com diferentes letras na mesma coluna diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de tukey. hTS-húmus de solo, hCR- húmus do conteúdo ruminal, hDS- húmus de dejetos de suínos e IN25/09 Instrução Normativa (referência).

Segundo Pereira Neto (2007) valores baixos de pH são indicativos da não maturação apropriada do MO, favorecendo ao crescimento microbológico, com aparecimento de fungos e bactérias que ao digerirem este material liberam ácidos e acidificam o meio. Na fase seguinte de maturação, ocorre o processo de humificação.

Os valores encontrados corroboram com os achados de Lourenço (2010), que afirma que minhocas da Califórnia apresentam maior percentagem de sobrevivência em substratos ligeiramente ácidos, com pH entre 5 e 6, mas toleram pH de 5 a 8 sem prejuízo à sua atividade. Portanto os valores tabelados encontram-se dentro dos limites toleráveis para o desenvolvimento da espécie *Eisenia foetida*. Segundo a Instrução Normativa nº25/2009 - IN 25/09 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, o valor mínimo para pH de fertilizante orgânico comercial é de 6, portanto, todos os tratamentos se enquadram na normativa para este parâmetro.

5.3.2 Umidade

Os tratamentos hCR e hDS diferiram ($P=0,0001$) do tratamento hTS estatisticamente (Tabela 6). O baixo valor de umidade do tratamento hTS pode ser

justificado pela coleta do material para análise ter sido realizada antes da umidificação semanal do mesmo.

Segundo Fernandes (1999), o teor ideal do material decomposto deve estar entre 50 e 60%, pois quanto menores os teores de umidade, menor será a decomposição da matéria orgânica, o que não foi observado nesta pesquisa para os tratamentos hCR e hDS, onde, a medida que a umidade decresceu, elevaram os valores de MO, o que pode ser atribuído a origem orgânica dos materiais.

A IN 25/09 do MAPA determina que o teor máximo de umidade para fertilizantes orgânicos comerciais seja de 50%, logo, os tratamentos hCR e hDS, por apresentarem médias de umidade de 66,98 e 62,83% respectivamente (Tabela 6), necessitariam passar por um processo de secagem para se enquadrar a IN 25/09. Já o tratamento hTS, apresentou umidade de 11,29 % (Tabela 4), se enquadrando nos valores determinados pela IN 25/09, baixo valor da umidade.

5.3.3 Matéria orgânica

A presença da matéria orgânica é fundamental para manutenção da microbiota do solo, contribuindo também para a melhoria das suas características físicas e químicas, facilitando a retenção de água e nutrientes. Chefetz et al. (1998) consideraram que aproximadamente 50 % da matéria orgânica torna-se completamente mineralizada, devido à degradação de compostos facilmente degradáveis, como as proteínas, celulose e hemicelulose, que são utilizadas pelos microrganismos como fonte de C e N.

Os dados analisados comprovaram que o teor de matéria orgânica do tratamento hDS diferiu significativamente dos demais tratamentos, apresentando valor superior a hCR e hTS (Tabela 6). A origem orgânica dos tratamentos hDS e hCR justificam tal diferença, uma vez que, o tratamento hTS foi constituído por solo de origem mineral e, consequentemente possui menores teores de matéria orgânica.

5.3.4 Relação C:N

A relação C:N é utilizada para avaliar a transformação da MO, bem como seus efeitos no crescimento microbiano, uma vez que a atividade dos microrganismos heterotróficos envolvidos no processo, depende tanto do conteúdo de C como fonte de energia, quanto de N para a síntese de proteínas (Sharma et al., 1997 apud Valente et al., 2009).

O tratamento hCR diferiu estatisticamente dos demais ($P=0,0001$), em relação ao conteúdo de C:N (Tabela 6) e tal diferença pode ser atribuída pela grande presença de maravalha utilizada nas baias de suínos com o objetivo de reduzir a umidade, possibilitando maior higiene das mesmas. A maravalha é em carbono e sua presença nos dejetos de suínos utilizado na pesquisa, contribuíram para o elevado valor de relação C:N deste tratamento quando comparado aos demais.

A Instrução Normativa (IN) 25/09 do MAPA estabelece que o valor máximo de C:N seja de 20% para fertilizantes orgânicos. Sendo assim, apenas os tratamentos hCR e hTS se enquadram neste parâmetro, por apresentarem a relação C:N em 16,88 e 18,68, respectivamente.

5.3.5 Macronutrientes e micronutrientes

Para os macronutrientes são apresentados os valores médios obtidos nas análises químicas e estatística presentes no húmus produzido (Tabela 7).

Observou-se diferença estatística significativa nos teores encontrados no tratamento hDS em relação aos demais tratamentos hTS e hCR, para os teores de N, P, K, Ca, Mg e C, que pode ser justificado pelas diferentes fontes de alimentos que são utilizados na composição das rações de suínos e pela baixa absorção desses elementos por estes animais. Em relação aos teores de sódio não ocorreu diferença significativa ($P=0,4399$) entre os tratamentos, no entanto foi observado morte das minhocas nos substratos cDB, cDO e cDA. Os valores obtidos na pesquisa estão de acordo com os encontrados pelo autor Costa Junior (2008) que afirma que os elevados teores de sódio (acima de 1%) podem contribuir para não adaptação das minhocas em substratos orgânicos.

Com relação ao Ca, os valores encontrados nos dois tratamentos para produção de húmus (hCR e hDS), foram de 5,7 e 10,33% respectivamente, valores superiores aos mínimos estabelecidos pela IN 25/09 de 1%, como pode ser verificado na tabela 6. Para o Mg, os valores encontrados foram de 0,28 e 1,05% para hCR e hDS respectivamente, considerando o mínimo exigido de 1% ou 10000 ppm deste elemento pela IN 25/09, apenas o tratamento hDS apresentou o valor mínimo recomendado.

Tabela 7. Macronutrientes (N/ P/ K/ Ca/ Mg/ Na/ C) presentes no húmus

Tratamentos	Macronutrientes (%)						
	N	P	K	Ca	Mg	Na	C
hTS	0,17c	0,30c	0,11c	0,54c	0,102b	0,43a	3,16c
hCR	1,84a	2,48b	0,24b	5,70b	0,287ab	0,87a	30,90b
hDS	1,22b	8,29a	1,31a	10,33a	1,050a	0,48a	38,41a
IN 25/09	10 (somatório NPK)			1	1	-	-
Desv.Padrão	0,11	0,22	0,05	2,02	0,44	0,51	1,63
\bar{X}	1,07	3,69	0,55	5,52	0,48	0,59	24,16
CV(%)	10,29	5,98	9,17	36,63	92,77	86,19	6,77
PROB>F	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0334	0,4399	0,0001

Médias com diferentes letras na mesma coluna diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de tukey. hTS-húmus de solo, hCR- húmus do conteúdo ruminal, hDS- húmus de dejetos de suínos e IN25/09 Instrução Normativa (referência).

Como a IN 25/09 não estabelece valores mínimos de nutrientes para fertilizantes orgânicos, baseou-se nos critérios adotados para fertilizantes organominerais. Segundo a normativa, os fertilizantes organominerais são constituídos por fertilizantes minerais e fertilizantes advindos de fontes orgânicas e possuem uma especificação de somatório de NPK (isoladamente N, P e K ou em misturas variadas) de 10% no mínimo. O tratamento hCR apresentou somatório de NPK de 4,6%, não atingindo o nível mínimo recomendado pelo IN 25/09 para ser enquadrado na categoria de fertilizante, necessitando um incremento de nutrientes minerais. O mesmo ocorreu com o tratamento hTS que apresentou NPK de 0,6%. Já o tratamento hDS, atingiu o valor mínimo necessário, apresentando o valor de 10,7% conforme pode ser observado na tabela 7.

Os micronutrientes têm presença limitada nos solos, ocorrendo em pequenas quantidades.

A disponibilidade dos micronutrientes está relacionada a outros fatores como pH, teor de matéria orgânica e mineralogia. A falta de micronutrientes pode resultar em grandes perdas por produtividade (MOTTA et al., 2007).

São considerados micronutrientes, os elementos requeridos pelas plantas em pequenas quantidades e na Tabela 8 podemos observar os microelementos presentes no

húmus.

Tabela 08. Micronutrientes (Fe, Zn, Cu e Mn) presentes no húmus.

Tratamentos	Micronutrientes (ppm)			
	Fe	Zn	Cu	Mn
hTS	14475a	56,25c	17,00b	1,60b
hCR	4915b	334,75b	40,00b	628,75a
hDS	5013b	714,00a	439,6a	710,50a
Desvio Padrão	1467,8	27,4	19,01	56,12
\bar{X}	8134,17	368,33	165,58	446,95
C.V (%)	18,04	7,44	11,48	12,56
PROB.>F	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

Médias com diferentes letras na mesma coluna diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de tukey. hTS- húmus de solo, hCR- húmus do conteúdo ruminal, hDS- húmus de dejetos de suínos e IN25/09 Instrução Normativa (referência).

Em todos os micronutrientes foi observado diferença significativa entre os tratamentos ($P=0,0001$), atribuídas as diferentes fontes destes elementos utilizadas nas rações, em função da demanda de cada espécie animal. No tratamento testemunha, os valores refletem características da condição química do solo e a baixa disponibilidade destes micronutrientes incorporados ao mesmo.

Na Tabela 8 pode-se verificar que os tratamentos hCR e hDS, não atenderam a exigência mínima de 1% ou 10000 ppm para cada micronutriente requerido pela IN 25/09 para atingir a categoria de fertilizante organomineral comercial, entretanto o tratamento hTS apresentou valor superior ao mínimo exigido apenas para o elemento ferro, o que pode ser atribuído aos elevados teores deste nos solos da região, que são ricos em óxidos de ferro provenientes do material de origem dos referidos solos.

5.4 Composto x Húmus produzido

Ao confrontar as médias do húmus produzidos com os valores encontrados no composto (Tabelas 4 e 6), verificou-se uma redução no pH nos três tratamentos onde foram produzidos húmus (hTS, hCR e hDS). O mesmo foi observado Dores-Silva et al. (2013), que atribui esta redução do pH encontrado a produção de dióxido de carbono

(CO₂) e de ácidos orgânicos nos processos de compostagem e produção de húmus.

Ao comparar os teores de matéria orgânica nas compostagens e húmus (Tabelas 4 e 6) constatou-se os teores de 59,20, 75,00 e 6,74% para cCR, cDS e cTS respectivamente, verifica-se uma pequena redução nos teores de matéria orgânica de 57,18, 71,06 e 5,8% em hCR, hDS e hTS, quando comparado com os teores cCR, cDS e cTS pode ser justificada pelo processo de mineralização, que é um processo de disponibilização de nutrientes imobilizados que são descomplexados tornando esses nutrientes disponíveis para as plantas. Vários autores (COTTA et al., 2015; VALENTE et al., 2009; CORRÊA; FONSECA; CORRÊA, 2007; AQUINO; LOUREIRO, 2004; AQUINO; NOGUEIRA, 2005), afirmam que a digestão da matéria orgânica por microorganismos resulta na liberação de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio se transformando em nutrientes minerais, tornam-se disponíveis para as plantas e com redução da MO. Durante a estabilização da MO em substâncias húmicas há a formação de um produto mais estável, com propriedades completamente diferentes do material que lhe deu origem. Resultados semelhantes foram encontrados por Guermandi (2015) e Dominguez e Gómez-Brandón (2014), que também atribuíram tal redução ao processo de mineralização promovido pelo consumo da MO.

Para as variáveis macronutrientes, ao comparar composto com o húmus, observou-se um discreto aumento nos teores de Ca, Mg e P nos tratamentos hCR e hTS e em relação ao Mg e P no tratamento hDS (Tabelas 5 e 7). Dados semelhantes foram observados por Gatiboniet al. (2008) com dejetos líquidos de suíno. Dominguez e Gómez-Brandón (2014), também verificaram aumento nestes elementos ao compostar e produzir húmus de esterco bovino e lodo de esgoto também atribuído a mineralização. Atiyeh et al., (2001), afirma que a acelerada humificação do vermicomposto (húmus) reflete em um decréscimo da relação C/N e aumento de nutrientes minerais (N, P e K) e está relacionada com a mineralização da MO pelas minhocas, corroborando com o encontrado nesta pesquisa e demais autores supracitados. Silva (2008) verificou uma redução moderada aos teores de K no húmus comparado ao composto, semelhante aos resultados obtidos nos tratamentos hTS, hCR, e hDS.

5.5 Parâmetros Microbiológicos

Os tratamentos experimentais foram submetidos a análises microbiológicas para avaliar a presença de coliformes termotolerantes, *Salmonella sp.* e ovos de helmintos,

visando verificar se os mesmos enquadram-se segundo determina a Instrução Normativa Nº 25/09 referentes a níveis contaminantes. Na Tabela 9, são representados os resultados oriundos das análises microbiológicas. Com exceção do tratamento testemunha (cTS e hTS) todos os demais apresentaram resultado positivo para *Salmonella sp.* A presença desta bactéria contraria ao estabelecido pela IN 25/09 em fertilizantes orgânicos para serem comercializados. Massukado e Schalch (2015) também detectaram a presença de *Salmonella sp.* ao avaliarem composto e húmus provenientes de resíduos sólidos domiciliares.

No que se refere aos microorganismos coliformes termotolerantes, verificou-se que todos os tratamentos apresentaram valores inferiores ao máximo admitido pela IN 25/09, sendo o mesmo observado para ovos de helmintos. Koné et al. (2007) não observaram a eliminação total de ovos de helmintos ao compostar lodo de origem fecal, podendo-se atribuir a ausência de ovos de helmintos nos tratamentos ao eficiente controle parasitológico dos animais fornecedores dos dejetos utilizados, e, como as amostras in naturas utilizadas nesta pesquisa não foram analisadas, não se pode afirmar interferência do processo de compostagem na eliminação de ovos de helmintos.

De acordo com os resultados microbiológicos obtidos e contrastando com a exigência da IN 25/09, o húmus não pode ser comercializado como fertilizante orgânico devido a presença de *Salmonella sp.*

Tabela 9. Análises microbiológicas, *Salmonella sp.*, coliformes termotolerantes e ovos de helmintos.

Tratamento	<i>Salmonella sp.</i>	Coliformes termotolerantes (NMP/g)*	Ovos viáveis de helmintos (N°/4g de ST)**
cTS	Ausente	< 0,3	0
cRB	Presente	9,3	0
cRO	Presente	< 0,3	0
cDA	Presente	< 0,3	0
cCR	Presente	24	0
cDS	Presente	240	0
hCR	Presente	24	0
hDS	Presente	240	0
hTS	Ausente	< 0,3	0
IN 25/09	Ausência em 10 g de matéria seca	1000	1

*NMP/g- Número mais provável por grama. **1 ovo viável em 4 gramas de sólidos totais. cTS- testemunha solo, cDB-compostagem de dejetos de bovinos, cDO-compostagem de dejetos de ovinos, cDA - compostagem de dejetos de aves, cCR-compostagem de conteúdo ruminal, CDs- compostagem de dejetos de suínos, hCR-húmus do conteúdo ruminal, hDS- húmus de dejetos de suínos, hTS-húmus de solo, IN25/09 Instrução Normativa (referência).

6. CONCLUSÃO

De acordo com as condições experimentais podemos concluir:

O sistema proposto comprovou que a compostagem e a produção de húmus se apresentam como uma importante alternativa a favor do meio ambiente, pois reduz o potencial poluidor de determinados dejetos animais.

Os substratos que apresentaram teor de sódio acima de 1% (cDB,cDA e cDO), não houve sobrevivência das minhocas, portanto não foi produzido húmus dos referidos resíduos.

O húmus produzido a partir de conteúdo ruminal e dejetos suínos, apesar de não se enquadrar completamente na legislação IN 25/09 como fertilizante comercial nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, apresenta-se como uma alternativa para utilização em propriedades rurais como adubo orgânico, possibilitando redução de custo com a aquisição de fertilizantes minerais.

Considerações finais

O composto e o húmus podem variar sua composição em função da origem do material utilizado e, no caso de dejetos de animais, esta composição está intimamente ligada com a composição da fonte alimentar.

A utilização do composto e húmus na adubação, podem melhorar a qualidade do solo quanto a sua estrutura química e física decorrente da matéria orgânica.

Perspectivas Futuras

- Propor novas pesquisas para testar, pelo processo de compostagem e vermicompostagem, o uso de excrementos sólidos dos animais associados a restos vegetais remanescentes de sobra após a safra.
- Avaliar a utilização da adubação orgânica em um sistema de produção vegetal.

7. REFERÊNCIAS

ADEOLA, O. Nutrient management procedures to enhance environmental conditions: introduction. **J. Anim. Sci.**, 77, p. 427-429, 1999.

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

ANDREA, M.M. O uso de minhocas como bioindicadores de contaminação de solos. **Acta Zool. Mex**, Xalapa , v. 26, n. spe.2, p. 95-107, janeiro 2010 . Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S006517372010000500007&lng=es&nrm=iso>. Acesso em 10 de novembro de 2016.

ANDREOLI, C.V. Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final/ Cleverson Vitório Andreoli (coordenador). – Rio de Janeiro:, ABES, 282p.: il. **Projeto PROSAB**, 2001.

ANDREOLI, C.V. (Coord.). **Resíduos sólidos do saneamento: processo, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: Rima, ABES, 2001.

APHA Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20thed. Washington. 1998.

AQUINO, M.A.; LOUREIRO, D.C. **Minhocultura**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 2004.

AQUINO, M.A.; NOGUEIRA, E.M. **Fatores limitantes da vermicompostagem de esterco suíno e de aves e influência da densidade populacional das minhocas na sua reprodução**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 10 p., 2005.

Assistat Software Version 1.0 and its use in the analysis of experimental data1.0/2016. **Programa Estatístico**. Disponível em: <<http://assistat-statistical-assistance.software.informer>>. Acessado em 13 de julho de 2016.

ATIYEH, R.M.; EDWARDS, C.A.; SUBLER, S.; METZGER, J.D. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical proprieties and plant growth. **Bioresource Technology**, v. 78, p. 11-20,

2001.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, p.7-18. 2008.

BARBIERI, J.C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: Editora Saraiva, 328 p. 2011.

BIDONE, F.R.A. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização**. 1 ed. São Paulo: PROSAB, 51 p. 2001.

BENEDETTI, M.P.; FUGIWARA, A.T.; FACTORI, M.A.; COSTA, C.; MEIRELLES, P.R.L. Adubação com cama de frango em pastagem. Águas de Lindóia. **Anais... Águas de Lindóia**. ZOOTEC. 2009. CD Rom.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009** - 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, pragas e ervas daninhas. Brasília, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Coordenação-Geral de Apoio Laboratorial; Murilo Carlos Muniz Veras (Org.) – Brasília : MAPA/ SDA/CGAL, 220 p.2014.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 12/05/2016.

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

BONKOWSKI, M.; SCHEU, S.; SCHAEFER, M. Interactions of earthworms (*Octolasion lacteum*), millipedes (*Glomeris marginata*) and plants (*Hordelymuseuropaeus*) in a beechwood on a basalt hill: implications for litter

decomposition and soil formation. **Applied Soil Ecology, Belfield**, v. 9, p. 161-166, 1998.

BROWN, G.G. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? **Plant and Soil**, Crawley, v. 170, p. 209-231, 1995.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; VIEIRA, F.C.B.; HERBES, M.G.; MOREIRA, I.C.L.; BERWANGER, A.L. Dejeito líquido de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, 2005.

CORRÊA, E.K. **Produção de suínos sobre cama**. Gráfica Universitária. UFPEL. Pelotas. 75 p. 2003.

CORRÊA, R.S.; FONSECA, Y.M.F.; CORRÊA, A.S. Produção de biossólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 420-426, 2007.

COSTA JUNIOR, E.L. **Gestão em Processos Produtivos**. .Ibpex. ed. 1. São Paulo. 2008.

COTTA, J.A.O.; CARVALHO, N.C.; BRUM, T.S.; REZ, M.O.O. Artigo Técnico Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem Composting versus vermicomposting: comparison of techniques using vegetal waste, cattle manure and saw dust. **Eng Sanit Ambient**, v.20 n.1, p 65-78, 2015.

DAUDT, C.E.; DUTRA, L.C.; PENNA, N.G.; FOGAÇA, A. de O. Vermicompostagem e compostagem do bagaço de uvas. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 18, n. 118, p. 31-37, mar. 2004.

DICK, D.P.; NOVOTNY, E.H.; DIECKOW, J.; BAYER, C. **Química da matéria orgânica do solo**. Viçosa: SBCS, p. 1-69, 2009.

DOMÍNGUEZ, J. The microbiology of vermicomposting. In: EDWARDS, C.A.; ARANCON, N.Q.; SHERMAN, R. **Vermiculture technology**. Boca Raton: CRC Press, p.53-66, 2011.

DOMÍNGUEZ, J.; GÓMEZ-BRANDÓN, M. The Influence of earthworms on nutrient dynamics during the process of vermicomposting. **Waste Management & Research**:

the journal of the international solid wastes and public cleansing association, v.31, n.8, p.859-868, 2013. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23831778>>. Acesso em: 18 de Julho 2016

DORES-SILVA, P.R.; LANDGRAF, M.D.; REZENDE, M.O. de O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. **Quím. Nova**, vol.36, n.5, p.640-645, 2013. ISSN 0100-4042

EDWARDS, C.A.; ARANCON, N.Q. Interactions among organic matter earthworms and microorganisms in promoting plant growth. In: Magdoff, F.; Weil, R. (Ed.). Functions and management of organic matter in agroecosystems. Boca Raton: CRC Press, 2005. p. 327-376. **Encyclopedia of Soil Science**. New York: Rattan Lal 2006.

FERNANDES, F.; SILVA, S.M.C.P. **Manual prático para a compostagem de bio-sólidos**. Londrina: UEL, 1999.

FERNANDES, J.O.; UEHARA-PRADO, M.; BROWN, G.G. Minhocas exóticas como indicadores de perturbação antrópica em áreas de floresta atlântica. **Acta Zool**. 2010, vol.26, n.spe.2, pp.211-217. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S006517372010000500016&lng=es&nrm=iso> . Acesso em: 05 de novembro de 2016.

FIGUEIREDO, C.C; RAMOS, M.L.G.; McMANUS, C.M; MENEZES, A.M. Mineralização de esterco de ovinos e sua influência na produção de alface. **Horticultura Brasileira** 30: 175-179. 2012

GALVÃO, R.O.; ARAÚJO NETO, S.E.; SANTOS, F.C.B. Desempenho de mudas de mamoeiro sob diferentes substratos orgânicos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.20, n.3, p.144-150, 2007.

GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 32:1753-1761, 2008.

GNOATTO, S.C. **Caracterização química de vermicompostos de diferentes substratos**. 1999, 41 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de Concentração em Solos) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

GÓMEZ, R.B.; FERRER, A.S. The use of respiration indices in the composting process: a review. **Waste Management & Research**, vol. 24, nº1, p. 37-47, 2006.

GUERMANDI, J.I. **Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos dos fertilizantes orgânicos produzidos pelas técnicas de compostagem e vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos coletada em estabelecimentos alimentícios de São Carlos/SP.** 2015, 181P. Dissertação de mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos -Universidade Estadual de São Paulo.

HAHN, L; PADILHA, M.T.S.; PADILHA, J.C.F.; POLI, A.; RIEFF, G.G. Persistência de patógenos e do antibiótico salinomina em pilhas de compostagem de cama de aviário. **Archivos de Zootecnia**. Córdoba, v.61, n. 234, p. 279-285, jun. 2012. Disponível em: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0004-05922012000200012&script=sci_arttext>. Acesso em: 25 de outubro de 2016.

HECK, K.; MARCO, E.G. de; HAHN, A.B.B.; KLUGE, M. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande , v. 17, n. 1, p. 54-59, Jan. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543662013000100008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 28 de dezembro de 2016.

HENDRIX, P.F.; BAKER, G.H.; CALLAHAM JUNIOR, M.A.; DAMOFF, G.A.; FRAGOSO, C.; GONZÁLEZ, G.; JAMES, S.W.; LACHNIGHT, S.L.; WINSOME, T.; ZOU, X. Invasion of exotic earthworms into ecosystems inhabited by native earthworms. **Biol Invasions**, [S.l.], v. 8, p. 1287-1300, 2006.

KAO, M.M. The evaluation of sawdust swine waste compost on the soil ecosystem, pollution and vegetable production. **Wat.Sci. Tech.**, v. 27, n. 1, p. 123-131, 1993.

KIEHL, J.C. Adubação orgânica de culturas forrageiras. In. SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV/Unesp, 1997. p. 208- 250.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo. Editora Agronômica Ceres, 49 p.,1985.

KIEHL, J.K. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba. 3ª Edição do Autor, 171p.,2002.

KONÉ, D.; COFIE, O.; ZURBRÜGG, Z.; GALLIZI, K.; MOSER, D.; DRESCHER, S.; STRAUSS, M. Helminth eggs inactivation efficiency by faecal sludge dewatering and co-composting in tropical climates. **Water Research**, v.41, p.4397-4402, 2007

KONZEN, E.A. **Avaliação quantitativa e qualitativa dos dejetos de suínos em crescimento e terminação, manejados em forma líquida.** 56p. Tese de mestrado. Belo Horizonte: UFMG, 1980.

KUMADA, K. **Chemistry of soil organic matter.** Tokyo: Japan Scientific Societies, 241 p.,1987.

LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. **Soil Ecology.** Norwell: Kluwer Academy Publishers, p.654,2001.

LEE, K.E. **Earthworms: Their ecology and relationships with soils and land use.** CSIRO, Division of Soils Adelaide - Austrália, 410 p.,1985.

LIMA, J.J.; MATA, J.V.D.; PINHEIRO NETO, R. ; SCAPIM, C.A. Influência da adubação orgânica nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico e na produção de matéria seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 29, supl., p. 715719, 2007.

LOPES, C. et al. Cu and Zn adsorption in an Oxisol treated with pig slurry. **Rev. Ceres [online].** 2014, vol.61, n.6, pp.997-1005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034737X2014000600016&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 10/12/2016.

LOURENÇO, N.M.G. **Característica da minhoca epígea *Eisenia foetida* - benefícios, características e mais - valias ambientais decorrentes de sua utilização.** 2010. Disponível em:<<https://pt.scribd.com/document/36200187/Caracteristicas-da-minhoca-Eisenia-foetida-Beneficios-e-mais-valias-ambientais>>. Acesso em: 15 de julho de 2016.

MANNA, M. C.; SINGH, M.; KUNDU, S.; TRIPATHI, A. K.; TAKKAR, P. N. Growth na reproduction of the vermicomposting earthworm *Perionyx excavatus* as influenced by food materiais. **Biofertilesoils**, v.24, p.129-132, 1997.

MASSUKADA, L.M.; SCHALCH, V. Avaliação da qualidade do composto proveniente da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares. **Rev. Dae.** 2015, vol. 183. Disponível em: <http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_183_n_1412.pdf>. Acesso em: 05 de janeiro de 2017.

MEHTA, C.M. et al. Compost: Its role, mechanism and impact on reducing soil-borne plant diseases. **Waste Management**, v.34, n.3, p.607-622, 2014. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.11.012>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2014.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Programa ABC: tratamento de resíduos animais.** Distrito Federal, s. d. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentável/Abc/7.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2014.

MORSELLI, T.B.A.; CRUZ, C.E.L.; POCAI, D. Efeitos de Diferentes Resíduos no Comportamento de *Eisenia foetida* em Estação Quente: II - Acasalamento. In: CONGRESSO GAÚCHO DE MINHOCULTURA. **Ciência Rural**, Pelotas, v.2, n.1, p. 50 - 53, 1996.

MOTTA, A.C.V.; SERRAT M.B.; REISSMANN B.C.; DIONÍSIO A.J. **Micronutrientes na Rocha, no Solo e na Planta.** 1 ed. Curitiba:UFPR, 242p. 2007.,

NADDAFI, K.; ZAMANZADEH, M.; AZIMI, A.A.; OMRANI, G. A.; MESDAGHINIA, A.R.; MOBEDI, E. Effect of temperature, dry solids and C/N ratio on vermicomposting of wates activated sludge. **Pakistan Journal of Biological Science**, v. 7, n. 7, p. 1217-1220, 2004.

NASCIMENTO, A.L.; ZUBA JUNIOR, G.R.; SAMPAIO, R.A.; FERNANDES, L.A.; CARNEIRO, J.P.; BARBOSA, C.F. Metais pesados no solo e mamoneira com bio sólido e silicato de cálcio e magnésio. **Rev. bras, eng. agrí, ambient.**, Campina Grande, v. 19, n. 5, p 505-511, Maio 2015. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415->](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-) Acesso em 15/11/2016.

OLIGINI, K.F.; TIDES, J.; GIL, B.V.; CILIPRANDI, A.P.; RAMOS, C.E.P. **Sobrevivência de Minhocas Vermelha da Califórnia (*Eisenia foetida*) com água de rega em diferentes concentrações salinas.** In: III Congresso de Ciência e Tecnologia da UTFPR *Campus Dois Vizinhos*, 2015, Dois Vizinhos-PR.

OLIVEIRA, P.A.V. **Manual de manejo e utilização de dejetos de suínos.** Série Documentos, 27 (EMBRAPA – CNPSA) Concórdia – SC, 1993.

OLIVEIRA, P.A.V. Produção e manejo de dejetos de suínos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001, Jaboticabal/ SP, **Anais: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, p. 164-177, 2001.

OLIVEIRA FILHO, D.; FERRAZ, I.D.; MARTINS, J.H.; SANTOS, L.C.; RIBEIRO FILHO, O.P.; COSTA, D.R. Avaliação do deslocamento de minhocas (*Eudrilus eugeniae*) submetidas a pulsos elétricos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.9, n.3, p. 433-440, Campina Grande, 2005.

PEIXOTO FILHO, J.U.; FREIRE, M.B.G. dos; FREIRE, F.J.; MIRANDA, M.F.A.; PESSOA, L.G.M.; KAMIMURA, K.M. Produtividade de alface com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.419-424, 2013.

PERDOMO, C.C. Uso racional dos dejetos de suínos. **Anais do 1º Seminário Internacional de Suinocultura**. São Paulo 8-9 maio, 1996.

PEREIRA, E.W.L.; AZEVEDO, C. M.S.B.; FILHO, J.L.; NUNES, G.H.S.; TORQUATO, J.E. SIMÕES, B.R. Produção de Vermicomposto em diferentes proporções de esterco bovino e palha de carnaúba. **Caatinga**, v;18, n.2, p.112-116. 2005.

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

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

PIMENTEL, M.S.; DE-POLLI, H.; LANA, A.M.Q. Atributos químicos do solo utilizando composto orgânico em consórcio de alface-cenoura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 225-232, 2009.

PRADO, P.P.; MORAES, B.E.R; MOURA, G.S.A.; BENEDETTI, E. Potencialidade do uso de dejetos de suínos na recuperação e sustentabilidade de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 12, n. 2, p. 125, 2006.

PROSAB - Rede Cooperativa de Pesquisa. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbico e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro, 414p. 1999.

REEVES, D.W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil Till. Res.**, 43:131-167, 1997.

RIBEIRO, C.J.; ROCHA, C.R.C. **Compostagem de resíduos orgânicos**. Fundação Centro Tecnológico. Belo Horizonte, julho. 2002.

RICHARD, T.N.; TRAUTMANN, M.; KRASNY, S.; FREDENBURG, C.S. **The science and engineering of composting**. The Cornell composting website, Cornell University. http://www.compost.css.cornell.edu/composting_home_page.html. 2002. Acesso em: 22 de setembro de 2016.

ROSA, A.P. **Avaliação da viabilidade técnica e ambiental do uso do conteúdo ruminal bovino como biocombustível**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio

Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2009.

SANCHEZ-MONEDERO, M.A.; ROIG, A.; PAREDES, C.; BERNAL, P. Nitrogen transformation by Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. **Bioresource Technology**, v. 78, n. 3, p. 301-308, 2001.

SANTOS, H.L.S. **Uso de diferentes substratos na compostagem de resíduos de suínos**. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais. Itapetinga, 2013.

SANTOS, H. L. S. ; RECH, C. L. S. ; SOUZA, L. H. ; ALEXANDRINO, D. M. ; COSTA, I. A. . Uso de diferentes substratos na compostagem de resíduos de suínos. **DIÁLOGOS & CIÊNCIA (ONLINE)**, v. 16, p. 122-142, 2016.

SCHOSSLER, T.R.; MACHADO, D.M.; ZUFFO, A.M.; ANDRADE, F.R.; PIAULINO, A.C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.8, n.15; p.1563-1578, 2012.

SEDUMA – Secretaria do Estado do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente. **Projeto integrado de controle de poluição pela suinocultura**. (Projeto Água Limpa), Florianópolis-SC, 12 p., 1990.

SILVA, C. D. da; COSTA, L.M.; MATOS, A.T. de; SILVA, D.D. Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 6, p. 487–491, set./dez. 2002.

SILVA, K.C.C. **Estudo da qualidade do vermicomposto produzido a partir do composto proveniente da unidade descentralizada de compostagem de São Carlos/SP**. Monografia (TCC) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008

SILVA, M.N.B.; BELTRÃO, N.E.M.; CARDOSO, G.D. Adubação do algodão colorido BRS 200 em sistema orgânico no Seridó paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n. 2, p. 222-228, 2005.

STEFFEN, G.P.K. **Substratos à base de casca de arroz e esterco bovino para a multiplicação de minhocas e produção de mudas de alface, tomateiro e boca-de-leão**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 2008, Santa Maria.

STEVENSON, F.J. **Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions.** John Wiley and Sons, Inc., New York, NY, 1982.

TANG, J.; LISTE, H.H.; ALEXANDER, M. Chemical assays of availability to earthworms of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil. **Chemosphere**, v. 48, p. 35-42, 2002.

TIQUIA, S.M.; TAM, N.F.Y.; HODGKISS, I.J. Salmonella elimination during composting of spent pig litter. **Bioresource Technology**, 63(2), p.193-196, 1998.

TIQUIA, S.M. Microbiological parameters as indicators of compost maturity. **Journal of Applied Microbiology**, v. 99, p. 816-828, 2005.

TRAUTMANN-MACHADO, R. J. **Uso de resíduo do rumem bovino como fonte de nutrientes na agricultura: benefícios agrônômicos e conhecimento popular** Dissertação de mestrado – Cáceres/MT: UNEMAT, p.123, 2011.

TURNER, C. The thermal inactivation of E. coli in straw and pig manure. **Bioresource Technology**, v. 84, p. 57-61, 2002.

VALENTE, B.S.; XAVIER, E.G.; MORSELLI, T.B.G.A.; JAHNKE, D.S.; BRUM JR., B. de S.; CABRERA, B.R.; MORAES, P. de O.; LOPES, D.C.N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Arch. Zootec.** 58 (R): 59-85. 2009.

VIDAL, M.B.; VITTI, M.R.; MORSELLI, T.B.G.A. Caracterização química de vermicompostos de diferentes substratos orgânicos, **Rev. Bras. Agroecologia**, v.2, p. 1321-1324 ,2007

VINNERAS, B.; JONSSON, H. Thermal composting of faecal matter as treatment and possible disinfection method - Laboratory scale and pilot-scale studies. **Bioresource Technology**, v. 84, p. 275-282, 2002.

VITTI, M.R. **Impacto do vermicomposto bovino em atributos biológicos do solo e características físicas e químicas das frutas em pomar de pessegueiro (*Prunus persica* L. Batsch).** 2006. 169 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

ZHU, N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. **Bioresource Technology**, vol.98, p. 9-13, 2005.

