



RENAN TEIXEIRA DELFINO

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE COMPOSTOS ORGÂNICOS
PRODUZIDOS A PARTIR DE FEZES CANINAS E BOVINAS
COM SERRAGEM DE MADEIRA**

LAVRAS-MG

2022

RENAN TEIXEIRA DELFINO

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE COMPOSTOS ORGÂNICOS PRODUZIDOS A
PARTIR DE FEZES CANINAS E BOVINAS COM SERRAGEM DE MADEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, na área de concentração em Construções, Ambiente e Tratamento de Resíduos, para a obtenção o título de Mestre.

Prof (a). Dr (a). Fátima Resende Luiz Fia

Orientador (a)

LAVRAS-MG

2022

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Delfino, Renan Teixeira.

Avaliação nutricional de compostos orgânicos produzidos a partir de fezes caninas e bovinas com serragem de madeira / Renan Teixeira Delfino. - 2022.

68 p.

Orientador(a): Fátima Resende Luiz Fia.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Compostagem. 2. Fertilizante orgânico. 3. Fezes de animais.
I. Luiz Fia, Fátima Resende. II. Título.

RENAN TEIXEIRA DELFINO

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE COMPOSTOS ORGÂNICOS PRODUZIDOS A
PARTIR DE FEZES CANINAS E BOVINAS COM SERRAGEM DE MADEIRA**

**NUTRITIONAL EVALUATION OF ORGANIC COMPOSTS PRODUCED FROM
DOG AND BOVINE FECES WITH WOOD SAWDUTH**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, na área de concentração em Construções, Ambiente e Tratamento de Resíduos, para a obtenção o título de Mestre.

APROVADA em 14 de fevereiro de 2022.

Dr (a). Fátima Resende Luiz Fia – UFLA

Dr (a). Camila Silva Franco – UFLA

Dr. Luiz de Gonzaga Ferreira Júnior – M. EXTERNO

Dr (a). Rosângela Francisca de Paula Vítor Marques – M. EXTERNO

Prof (a). Dr (a). Fátima Resende Luiz Fia

Orientador (a)

LAVRAS-MG

2022

Aos meus pais, irmão e Letícia, por todo apoio, paciência e amor em todas as etapas. A todos que um dia passaram por minha vida e acrescentaram, da sua forma mais única, bagagem para me tornar o que sou. Também aqueles que me apoiaram e acreditaram não só em mim, mas em meu sonho e na honestidade dos meus projetos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela minha vida. De maneira especial agradeço também a saúde, a família, a formação, os amigos e todos os fatores e meios a mim proporcionados, que hoje fazem de mim o ser humano que sou.

Aos meus pais, Cássia e Lélis, pois são para mim a base de tudo. Agradeço pelos ensinamentos e valores, pelo suporte, paciência, e principalmente pelo amor que me deram. Agradeço também a compreensão e por nunca desistirem de mim, pois vários foram os momentos de estresse e as escolhas minhas que os aborreceram. Obrigado pela honestidade e caráter indiscutível que têm, vocês são exemplos de pessoas e de vida para mim.

Ao meu irmão Deyvis por estar sempre presente, um homem com um ótimo coração. Agradeço também pelos puxões de orelha, pois impulsionaram-me a buscar ideias novas.

À toda minha Família representada nas pessoas dos meus avós maternos e paternos, pois são eles os progenitores sem os quais hoje eu não existiria. Agradeço a todos pelos valores, pelo amor, pela união, pelo conforto, pela fé, e pelas pessoas unicamente especiais que são na minha vida.

À Letícia, minha maior incentivadora, não me deixando desanimar e estar sempre ao meu lado. Agradeço ainda pelo amor, cumplicidade, paciência, compreensão e por sempre alegrar meus dias.

À toda Universidade Federal de Lavras, por ter me proporcionado uma fonte de conhecimento vasta e de qualidade. Deixo aqui meu agradecimento pelas oportunidades concedidas até as dificuldades propostas, pois auxiliaram-me a crescer pessoal e profissionalmente ao longo da vida acadêmica.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e a CAPES pela oportunidade de cursar um programa de Pós-graduação. À FAPEMIG pelo apoio financeiro!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

Muito obrigado!

RESUMO

A utilização de fezes de animais em processos de compostagem é comum, porém as fezes caninas são pouco utilizadas, pois podem representar risco de contaminação e consequentemente inutilização do composto. Em vista da quantidade de fezes caninas geradas em ambientes urbanos e do risco inerente ao resíduo é importante que se criem soluções para sua destinação, sendo que a compostagem é uma possibilidade simples e de baixo custo. Objetivou-se avaliar nutricionalmente as características de qualidade de dois compostos orgânicos produzidos a partir de fezes caninas (FC) com serragem de madeira (SM) e fezes bovinas (FB) com SM, para fins de uso agrícola, no que diz respeito à concentração de metais, e macro e micronutrientes. O experimento foi realizado na estufa do Núcleo de Estudos em Plantas Oleaginosas, Óleos Vegetais, Gorduras e Biocombustíveis (G-Óleo), dos Departamentos de Engenharia Agrícola e de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Foram montadas seis pilhas, três com 85% de FB e 15% de SM e outras três com 85% de FC e 15% de SM, com dimensão de 1m³ e monitoradas durante 90 dias. O revolvimento das leiras e o monitoramento da temperatura e umidade foram realizados três vezes por semana. A temperatura média da leira foi determinada utilizando o termômetro de vara e o monitoramento da umidade foi feito empiricamente por meio do pressionamento de parte do material compostado, mantendo a umidade entre 40% e 60%. Após o período de um mês deu início a fase de maturação, que permaneceu por mais dois meses. Após coletado, o material foi conduzido até o laboratório de Águas Residuárias e Laboratório de Fertilidade do Solo da UFLA, para análises de macro, micronutrientes e metais. As variáveis analisadas foram submetidas ao teste t de Student para dados independentes com variâncias iguais e adotado como diferença significativa um nível de significância de 5% (0,05 p-valor). Foram observadas diferenças significativas nas concentrações médias de cálcio (Ca) e zinco (Zn) (P<0,05). Os outros parâmetros analisados não foram observados diferenças significativas entre os dois compostos (P<0,05). Com a realização desse estudo, foi observado que ambos os compostos orgânicos são semelhantes e podem ser utilizados como adubo orgânico, sendo necessário o monitoramento periódico de metais no solo de destino, principalmente o Zn. Contudo, as variáveis analisadas encontram-se acima do mínimo exigido em normas brasileiras para comercialização como fertilizantes orgânicos.

Palavras-chave: Compostagem. Fertilizante Orgânico. Bovinos. Caninos.

ABSTRACT

The use of animal feces in composting processes is common, but canine feces are rarely used, as they can represent a risk of contamination and consequently unusability of the compost. In view of the amount of canine feces generated in urban environments and the inherent risk of the residue, it is important to create solutions for its destination, and composting is a simple and low-cost possibility. The objective was to nutritionally evaluate the quality characteristics of two organic compounds produced from canine feces (CF) with wood sawdust (WS) and bovine feces (BF) with WS, for agricultural use, with regard to the concentration of metals, and macro and micronutrients. The experiment was carried out in the greenhouse of the Center for Studies on Oilseed Plants, Vegetable Oils, Fats and Biofuels (G-Oil), of the Departments of Agricultural Engineering and Agriculture, Federal University of Lavras (UFLA). Six piles were assembled, three with 85% of BF and 15% of WS and other three with 85% of CF and 15% of WS, with a dimension of 1m³ and monitored for 90 days. The windrows were turned and the temperature and humidity were monitored three times a week. The mean temperature of the windrow was determined using a stick thermometer and the monitoring of humidity was empirically carried out by pressing part of the composted material, keeping the humidity between 40% and 60%. After a period of one month, the maturation phase began, which lasted for another two month. After collection, the material was taken to the Wastewater Laboratory and Soil Fertility Laboratory at UFLA, for analysis of macro, micronutrients and metals. The variables analyzed were submitted to Student's t test for independent data with equal variances and a significance level of 5% (0.05 p-value) was adopted as a significant difference. Significant differences were observed in the mean concentrations of calcium (Ca) and zinc (Zn) (P<0.05). The other parameters analyzed were not observed significant differences between the two compounds (P<0.05). With the accomplishment of this study, it was observed that both organic compounds are similar and can be used as organic fertilizer, being necessary the periodic monitoring of metals in the destination soil, mainly Zn. However, the variables analyzed are above the minimum required by Brazilian standards for commercialization as organic fertilizers.

Keywords: Composting. Organic Fertilizer. Cattle. Canines.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fases da Compostagem.....	20
Figura 2 – Fatores que afetam a compostagem.	21
Figura 3 – Variação de temperatura na pilha em função do tempo de compostagem.	23
Figura 4 – Variação do pH ao longo do processo de compostagem.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade média de excremento produzida por animais na China.....	14
Tabela 2 – Composição média dos esterco na base seca.	16

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS DE ORIGEM ANIMAL	14
3.2 A PROBLEMÁTICA DA POPULAÇÃO CANINA E SEUS DEJETOS	17
3.3 COMPOSTAGEM.....	19
3.3.1 Fases da Compostagem	20
3.3.2 Fatores que afetam a compostagem	21
3.3.3 Qualidade do Composto.....	26
3.3.4 Legislações Referentes à Aplicação do Composto	27
4 CONSIDERAÇÕES GERAIS	30
5 REFERÊNCIAS	31
6 ARTIGO.....	45

1 INTRODUÇÃO

O tratamento segregado de dejetos sólidos e líquidos reduz a concentração de poluentes nas águas residuárias, e em técnicas de tratamento de fezes a seco, contribui para economia no consumo de água, além de potencializar o reuso agrícola, contribuindo para uma ciclagem completa dos nutrientes. Dejetos fecais possuem macro e micronutrientes, além de matéria orgânica, os quais, após tratamento adequado, podem ser dispostos no solo em benefício às plantas, economizando o uso de fertilizantes químicos e promovendo destinação adequada para o resíduo.

No entanto, para aproveitamento desses resíduos é necessário que esses passem por algumas etapas de tratamento, de forma a promover a estabilização do material, redução do teor de água e inativação de patógenos. Neste sentido, são utilizadas diversas técnicas como a compostagem, desidratação e sanitização com amônio.

A compostagem é um dos métodos mais antigos de tratamento dos resíduos orgânicos, durante o qual a matéria orgânica é transformada em fertilizante. As grandes vantagens da compostagem são: aproveitamento agrícola da matéria orgânica, economia de área em aterro, eliminação de patógenos e vetores nocivos ao homem, processo ambientalmente seguro e reciclagem de nutrientes para o solo (SÁNCHEZ; OSPINA; MONTOYA, 2017; ONWOSI *et al.*, 2017).

Para o processo de compostagem são necessários microrganismos como inoculantes, resíduos ricos em nitrogênio como camas e esterco de animais, resíduos de frigoríficos, sobras de compostos anteriores, tortas de oleaginosas, além de materiais ricos em carbono como serragem, palha de milho ou de soja para adequar a relação carbono/nitrogênio propício ao processo.

Dentre os esterco de animais, as fezes de cães são pouco empregadas em técnicas de compostagem, uma vez que a contaminação por essas fezes pode ser um risco ao uso do composto. No entanto, a existência de dejetos de animais no ambiente e destinados a aterros ou lixões pode significar a contaminação por zoonoses e a proliferação de vetores (MARTÍNEZ-SABATER *et al.*, 2019; OKIN, 2017). Por outro lado, os benefícios que o adubo orgânico de esterco de animais oferecem, tais como a diminuição do uso de agrotóxicos, economia de recursos, recuperação e preservação do solo e mais qualidade no alimento produzido, justificam

estudos no sentido de avaliar o potencial de uso agrícola de resíduos orgânicos para uma aplicação mais segura na agricultura.

Assim, o objetivo desse estudo é avaliar nutricionalmente a qualidade dos compostos orgânicos produzidos a partir de fezes de cães com serragem de madeira e fezes bovinas com serragem de madeira, para fins de uso agrícola, no que diz respeito à concentração de metais, macro e micronutrientes.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Avaliar as características de qualidade do composto orgânico produzido a partir de fezes de cães e bovinas com serragem de madeira, para fins de uso agrícola, no que diz respeito à concentração de nutrientes.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o processo de compostagem com as variáveis monitoradas e o processo de maturação;
- Analisar as variáveis conforme descrita na Resolução CONAMA nº 375/06 dos compostos;
- Avaliar a qualidade dos compostos gerados, tendo como base os parâmetros para uso agrícola da Resolução CONAMA nº 375/06, Instrução Normativa nº 27/06 e Instrução Normativa nº 25/09.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A Problemática dos Resíduos Sólidos Orgânicos de Origem Animal

Com o aumento da população mundial e urbanização, tem-se como necessidade a comercialização e a produção de uma volumosa quantidade de alimentos para abastecimento. Com um número maior de pessoas nas cidades, a criação de animais ampliou-se para produção de mais carnes com menores preços elevando a escala dos empreendimentos, com crescente quantidade de animais por unidade de área de confinamento (GONZÁLEZ *et al.*, 2020; FERREIRA; SHARMA; ZANNAD, 2020).

Conforme dados do Programa ABC - Tratamento de Resíduos Animais do MAPA (2017), no Brasil, são gerados, por ano, aproximadamente de 180 milhões de toneladas de resíduos e efluentes de animais criados em regime intensivo (aves, bovinos e suínos).

Esse grande número de animais geram enormes volumes de efluentes resultantes da fisiologia animal, que apresentam alta carga orgânica, minerais e nutrientes. O gerenciamento e gestão dos resíduos de origem animal tem merecido atenção crescente pelos seus impactos negativos ao meio ambiente, sobretudo em função das emissões de gases de efeito estufa (NOTARNICOLA *et al.*, 2017; VEERAMANI; DIAS; KIRKPATRICK, 2017).

A proliferação de moscas e aumento na multiplicação de parasitas nas áreas que recebem as fezes, além de provocarem a depreciação do local, trazem prejuízos ao crescimento da forragem e bloqueio de nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas (ERCUMEN *et al.*, 2017). De acordo com Bao *et al.* (2019), a quantidade média de excremento produzido por diferentes espécies de animais na China está exposto na Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade média de excremento produzida por animais na China.

Espécies	Cavalo	Gado de Corte	Gado Leiteiro	Porco	Ovelha	Aves
Excrementos (kg/animal)/dia	16,16	21,46	36,91	3,39	2,25	0,13

Fonte: Adaptado de Bao *et al.* (2019).

Os dejetos de suínos contêm altas concentrações de metais, que, se utilizados de forma inadequada, tem a possibilidade de contaminar o ambiente e outros animais (LOPES *et al.*, 2014). Conforme Barros *et al.* (2019); Nicoloso e Oliveira (2016) são produzidos no Brasil em

média 17,2 m³/animal/ano de dejetos de suínos e o rebanho é composto por cerca de 40 milhões de cabeças.

De acordo com USDA (2016), o esterco bovino no Brasil é considerado uma fonte promissora de biomassa, já que lidera o ranking de maior exportador de carne bovina e deteve o segundo maior rebanho de bovinos do mundo em 2016 (219,180 milhões de cabeças de gado).

Santos e Nogueira (2012), afirmam que a produção diária calculada de biomassa de bovinos foi de 21 kg de esterco de produção diária por animal, considerando o peso médio de 300 kg de peso vivo dos animais; sendo assim, em 2016, a produção anual de esterco bovino foi de 1,68 bilhões de toneladas.

A geração diária de esterco dos animais tem uma variação conforme o sistema de manejo adotado e o peso vivo do animal, podendo ocasionar grandes variações devido sua alimentação.

Segundo Kiehl (2012), os estercos de animais são empregados como fertilizantes há mais de dois mil anos. No Brasil, o esterco foi introduzido como fertilizantes entre os anos de 1888 e 1893, por W. Dafert, que chamou os estercos de “estrumes nacionais”, anteriormente todos os fertilizantes utilizados eram importados.

A utilização dos estercos como fertilizantes foi abandonado com a popularização dos adubos químicos, mas com a crescente preocupação com a degradação ambiental esses adubos estão sendo substituídos pelos estercos naturais na agricultura, no qual recebem o nome de “agricultura sustentável” (GUO *et al.*, 2018; PERGOLA *et al.*, 2018).

De acordo com Ndambi *et al.* (2019), é de extrema necessidade realizar tratamentos adequados a esses estercos. Os resíduos orgânicos de origem animal quando recebem o tratamento incorreto oferecem riscos ambientais, como poluição do solo, da água e do ar.

Dentre os fatores de degradação da qualidade dos mananciais, rios e lagos destacam-se os lançamentos de grandes quantidades de dejetos originados da criação de animais confinados. Com a disposição inadequada dos resíduos ocorre um problema de contaminação, podendo gerar contaminação por metais ou também a redução do teor de oxigênio dissolvido na água devido à alta demanda bioquímica do oxigênio (DBO) e da carga orgânica (GIROTTO; COSSU, 2017).

Segundo Giroto e Cossu (2017), com relação a poluição atmosférica, os principais gases emitidos pela criação de animais são o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄). Estes gases afetam negativamente a qualidade do ar, contribuindo assim para o aquecimento global e efeito estufa.

Os materiais orgânicos podem conter metais pesados derivados das rações dadas aos animais, com tendência de se acumular no solo por meio da sua alta reatividade com a matéria orgânica e argilominerais, podendo atingir o lençol freático (GUO *et al.*, 2018; YANG *et al.*, 2017; NASCIMENTO *et al.*, 2015).

Existem diversos problemas ambientais relacionados ao modelo agrícola adotado atualmente, motivo pelo qual deve-se buscar alternativas para o desenvolvimento de uma agricultura com enfoque ambiental e sustentável.

Conforme Eckhardt *et al.* (2018); Basso *et al.* (2017); Kiehl (1985), os esterco possuem uma composição variada, sendo influenciada pelos fatores da espécie animal, da raça, da idade e da alimentação. Na Tabela 2 está apresentada a composição média dos diferentes tipos de esterco animais calculados na base de matéria seca.

Tabela 2 – Composição média dos esterco na base seca.

Componentes	Equinos	Bovinos	Ovinos	Suínos
Matéria Orgânica (%)	46,00	57,10	65,22	53,10
Nitrogênio (%)	1,44	1,67	1,44	1,86
Fósforo (P ₂ O ₅)	0,53	0,86	1,04	0,72
Potássio (K ₂ O)	1,75	1,37	2,07	0,45
C/N	18/1	32/1	32/1	16/1

Fonte: Adaptado de Alves *et al.* (2020); Park *et al.* (2019); Eckhardt *et al.* (2018); Basso *et al.* (2017); Paschoal (1994); Kiehl (1985).

A forma mais comum de reutilizar os dejetos de origem animal na propriedade rural, é na forma de adubo orgânico, reutilizando o material no sistema de produção de alimentos. Mas, não é recomendado a utilização in natura, pois existe a possibilidade da presença de organismos patogênicos e instabilidade térmica, devendo o resíduo ser submetido a algum tratamento antes de ser utilizado.

Dentre diversas alternativas de tratamento para os resíduos orgânicos de origem animal a compostagem é a mais usual. Essa prática tem como objetivo produzir condições controladas para que os microrganismos decompositores possam degradar e estabilizar os resíduos orgânicos (AKDENIZ, 2019). Logo, são desenvolvidos sistemas diversificados de produção que se baseiam na reciclagem de matéria orgânica, pelo uso de compostagem orgânica e adubação verde (CERDA *et al.*, 2018).

Os resíduos agroindustriais, tais como as fezes de animais, são recursos orgânicos com grande potencial para prática de compostagem e, portanto para adubação devido à fartura em nutrientes (GAUR *et al.*, 2020; QDAIS; AL-WIDYAN, 2016; SHARMA *et al.*, 1997).

Para Palaniveloo *et al.* (2020), as vantagens principais da utilização da técnica de compostagem é a geração de fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo, que auxiliam na reciclagem de nutrientes e na proteção do solo contra erosão, reduzindo a utilização de fertilizantes minerais.

A compostagem de resíduos sólidos orgânicos de origem animal é uma alternativa vantajosa com relação aos aterros por conta de sua característica aeróbia, minimizando emissões gases e lixiviados (ONWOSI *et al.*, 2017; PIRES; MARTINHO; CHANG, 2011).

3.2 A Problemática da população canina e seus dejetos

Os cães domésticos são animais que mais convivem com o ser humano, e sua presença pode ocasionar benefícios à saúde cientificamente confirmados (SU e MARTENS, 2018; OKIN, 2017). Contudo, quando portadores de parasitas, esses animais representam riscos de transmissão de doenças, sobretudo para crianças e gestantes (DELAHOY *et al.*, 2018; PENAKALAPATI *et al.*, 2017; CINQUEPALMI *et al.*, 2012). Por esse risco, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estima, em países em desenvolvimento, a proporção média ideal é de 1:10 a 1:7, de cão: habitante, inferior ao que é encontrado no Brasil (MAGNABOSCO, 2006).

De acordo com números levantados pelo Instituto Pet Brasil (2019), em 2018 foram contabilizados no país 54,2 milhões de cães. Já um estudo realizado por Junqueira e Galera (2019), referente ao ano de 2017, estimou a população de caninos no território brasileiro que é de 52.198.324 indivíduos e em cada estado, sendo a relação caninos/humanos de 1/3,85. No estado de Minas Gerais, estimou-se 5.948.709 caninos, com uma relação de 1/3,46.

De acordo com Junqueira e Galera (2019), o estado do Rio Grande do Sul apresenta a maior relação de cães por pessoa (1/2,11), o estado de São Paulo possui a maior população animal, contabilizando 10.558.406 cães, com uma relação de 1/4,14, e o estado do Paraná vem em segundo lugar com uma relação de 1 cão por 2,48 pessoas.

Outros estudos com diferentes metodologias e localidades também já haviam apresentado valores muito maiores do que o esperado e recomendado, como no município de São José dos Pinhais - PR, com a relação cão: pessoa de 2,47 (Catapan *et al.*, 2015); em Cacoal - RO, com 4,5 para cães (Belo e Silva, 2015); no município de São Paulo, com 4,34 (Canatto *et al.*, 2012) e 7,28 para cães (Magnabosco, 2006); em Curitiba - PR, com 13,05 para cães (Serafini *et al.* 2008); no interior de São Paulo, com a razão 4,0 para cães (Alves *et al.* 2005); e em Taboão da Serra - SP, com a relação cão: pessoa de 5,14 (Dias *et al.* 2004).

Com o crescente número de cães como animais domésticos, aumenta-se também a quantidade de excremento produzido, porém esses dejetos ainda são pouco estudados. A destinação das fezes de animais tanto no ambiente, quanto em aterros e lixões representa a proliferação de vetores e de zoonoses, podendo ser bacterioses, protozooses, viroses e infecções parasitárias (KRYSTOSIK *et al.*, 2020; FLORES; FELLSTRECKER; CHARVET, 2015). Existem espécies infecciosas que afetam os seres humanos e a maioria é de natureza zoonótica, 61% (aproximadamente 868) das espécies pesquisadas e registradas como patogênicas para seres humanos são caracterizadas como zoonóticas e transmitidas sob condições diversas (ESCH; PETERSEN, 2013; CHRISTOU, 2011; WHO, 2011; TAYLOR; LATHAM; WOOLHOUSE, 2001).

Conforme relatado por pesquisadores as principais zoonoses parasitárias transmitidas em fezes de cães, são dos gêneros *Ancylostoma spp.*, *Candida sp.*, *Cystoisospora spp.*, *Dipylidium caninum*, *Trichuris vulpis*, *Toxocara spp.* *Campylobacter spp.* e *Isospora spp.* (DELAHOY *et al.*, 2018; FERRAZ *et al.*, 2018; CIRNE *et al.*, 2017; PENAKALAPATI *et al.*, 2017; BANETH *et al.*, 2016; VARGAS *et al.*, 2016). De acordo com Ferraz *et al.* (2018) e Cirne *et al.* (2017) foi observado à maior porcentagem de parasitismo por *Ancylostoma spp.* superando à de *Toxocara spp.* Outros trabalhos apresentam também uma maior ocorrência de ovos de *Ancylostoma spp.* quando comparada a *Toxocara spp.* (SANTOS *et al.*, 2007; SCAINI *et al.*, 2003).

O uso dos excrementos caninos no processo de compostagem não é comum, em razão de que a contaminação pelas fezes ameaça o uso do composto, mas se feita de forma adequada, pode reduzir essas ameaças. Contudo, em consequência da problemática do volume produzido e do risco inerente ao resíduo, é de extrema importância que se criem alternativas para sua destinação, do qual uma alternativa muito simples é a compostagem.

O presente trabalho se propôs a fazer uma avaliação analítica dos compostos produzidos em sistemas de compostagem usando fezes caninas, buscando uma alternativa de reaproveitamento para este resíduo.

3.3 Compostagem

A compostagem é conhecida como um processo biológico aeróbico, utilizado no tratamento, na estabilização e na valorização de resíduos orgânicos, sejam eles de origem urbana, doméstica, industrial, agrícola ou florestal para a produção de húmus, um material rico em nutrientes e fértil, com características diferentes do que lhe deu origem (SÁNCHEZ; OSPINA; MONTROYA, 2017).

Para Onwosi *et al.* (2017), o processo de compostagem é definido como a degradação biológica e a estabilização de substratos orgânicos sob condições controladas que proporcionam o desenvolvimento de temperaturas termofílicas, que resulta em um produto parcialmente estável, isento de patógenos e sementes de plantas, e que se aplicado ao solo oferece muitos benefícios.

Portanto, por definição a compostagem é um processo no qual são controladas e mantidas as condições ótimas com o intuito de que os microrganismos sejam capazes de decompor e estabilizar o material orgânico de maneira eficiente e rápida.

A determinação da compostagem como conclusão para tratar os resíduos orgânicos traz inúmeros benefícios como a degradação do material orgânico potencialmente putrescível para um estado estável, produzindo um composto capaz de realizar o melhoramento do solo e eliminar patógenos (MARTÍNEZ-SABATER *et al.*, 2019; ZHANG; SUN, 2016).

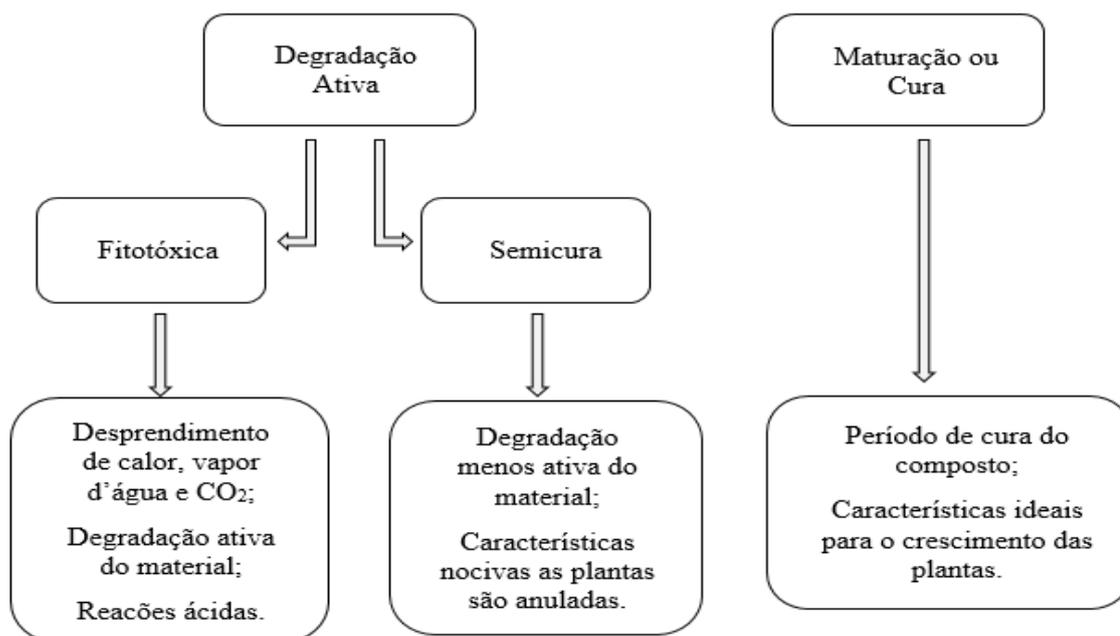
Além destas, Palaniveloo *et al.* (2020); Manu; Kumar; Garg (2017); Inácio e Miller (2013) enumeraram diversas outras vantagens da compostagem e da utilização do composto orgânico na agricultura como a reciclagem de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e

micronutrientes (B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn), a redução da produção de percolato, ou chorume, que contaminam o solo e a água, o aumento da vida útil de aterros sanitários, a mitigação de emissões de metano oriundo da disposição de resíduo urbanos e a diminuição da proliferação e atração de vetores de doenças.

3.3.1 Fases da Compostagem

A técnica de compostagem, conforme Palaniveloo *et al.* (2020); Zhang e Sun (2016) é fragmentada em dois ciclos, denominados degradação ativa e maturação ou cura. O ciclo de degradação ativa é dividida em duas outras fases: fitotóxica e a semicura. A Figura 1 apresenta o diagrama de separação das fases da compostagem.

Figura 1 - Fases da Compostagem.



Fonte: Do autor (2022).

A fase fitotóxica é caracterizada pelo desprendimento de calor, vapor d'água e CO₂. A temperatura nesta fase oscila entre 45°C a 70°C, onde acontece intensa atividade dos microrganismos termófilos com elevado consumo de oxigênio. Segundo Kiehl (2012) as propriedades de fitotoxicidade consideradas prejudiciais às plantas são decorrentes da formação de ácidos orgânicos e toxinas de curta duração, geradas pelo metabolismo dos organismos existentes no substrato orgânico, peculiaridade do material cru ou imaturo. Logo após, observa-

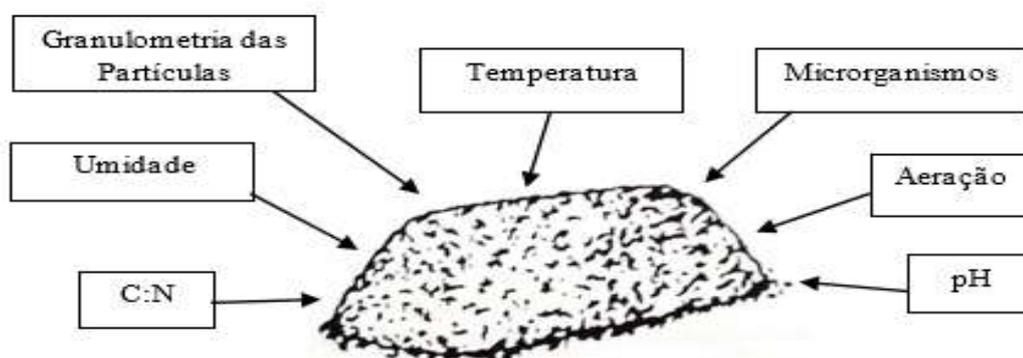
se a fase de semicura em que a degradação da matéria orgânica tende a decrescer, quando o composto deixa de ser danoso às raízes e às sementes. Ao terminar esta etapa, o composto deixa de ser tóxico às plantas, pois o consumo de nitrogênio pelos microorganismos é baixo em relação ao início da compostagem, mas ainda não demonstra suas características estabilizadas e totalmente humificada, portanto a utilização nesta fase não é recomendada (BERTICELLI *et al.*, 2016).

Já na terceira fase, maturação ou cura são registrados valores de temperatura próximo á do ambiente, considerando que o composto atingiu o grau de maturação. O composto, nesta fase, alcança o auge de suas características benéficas para às plantas e ao solo, quando há a produção de húmus e sais minerais nutrientes, apresentando assim propriedades desejáveis (ONWOSI *et al.*, 2017).

3.3.2 Fatores que afetam a compostagem

A eficácia do processo de compostagem é influenciada pelos fatores como microrganismos, pH, relação C/N, suprimento de oxigênio (aeração), tamanho de partícula, temperatura e umidade (Li *et al.*, 2013; Juarez *et al.*, 2015). A Figura 2 apresenta os fatores que alteram o processo de compostagem.

Figura 2 – Fatores que afetam a compostagem.



Fonte: Adaptado de Bidone (2001).

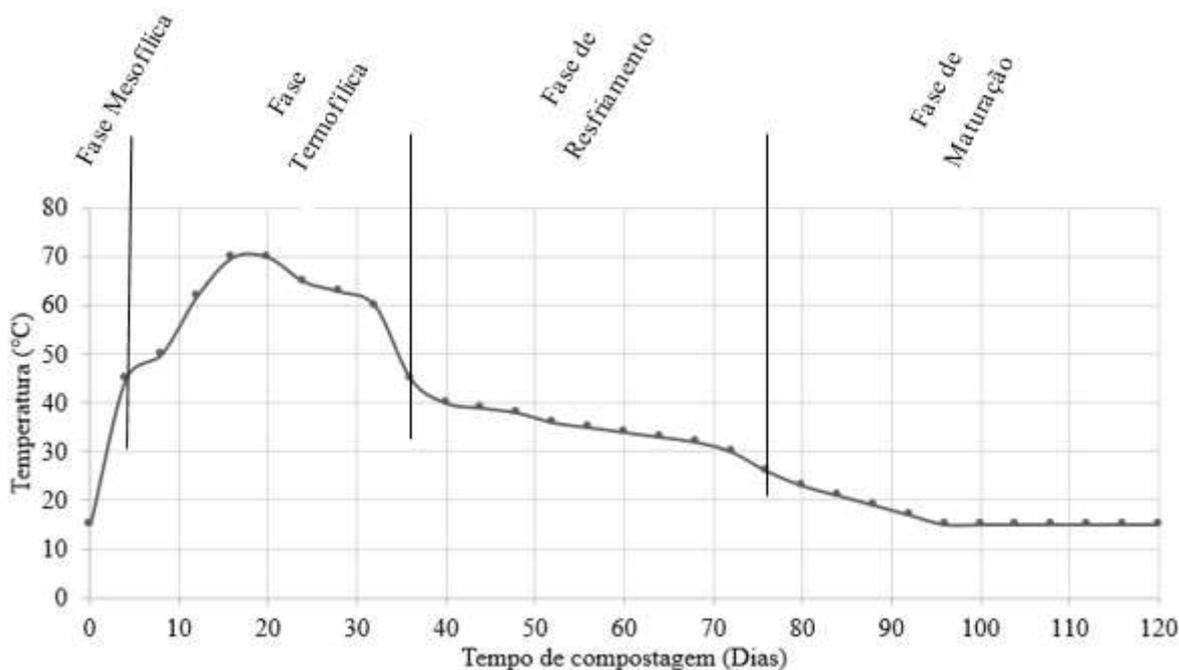
Vários microrganismos, incluindo bactérias, fungos e actinomicetos, participam nas etapas da compostagem na transformação do material orgânico cru em húmus. Mas, também auxiliam na decomposição outros organismos como ácaros, algas, insetos e suas larvas,

nematóides, protozoários e vermes (PALANIVELLOO *et al.*, 2020). Inácio e Miller (2013) afirmam que a atividade microbiana é responsável pelas alterações na composição bioquímica do substrato, modificações de estrutura física, oxigenação, pH, temperatura e na umidade.

A temperatura é o parâmetro responsável pelo equilíbrio biológico da leira, levando em consideração que o grupo de microrganismos ocupantes dependerá da faixa de temperatura (SOARES *et al.*, 2017). Sendo assim, por meio da temperatura é possível indicar a taxa de atividade microbiana na compostagem (MANU; KUMAR; GARG, 2019). Dessa forma, na compostagem a temperatura e a comunidade microbiana se influenciam reciprocamente e suas inúmeras interações caracterizam as fases do processo (LIMA *et al.*, 2017).

No decorrer do processo ocorrem variações na temperatura, no primeiro momento após a montagem das pilhas, ocorre a expansão das colônias de microrganismos mesófilos, a intensificação da decomposição pela atividade microbiana, a liberação de calor e consequentemente a elevação da temperatura, de modo rápido (NAKASAKI; HIRAI, 2017; ONWOSI *et al.*, 2017; VALENTE *et al.*, 2009). Posteriormente, inicia-se a fase termofílica, determinada pela conservação da temperatura acima de 45°C, prevalecendo a faixa entre 50-65°C. A degradação do material é intensa devido as atividades microbiológicas com elevado consumo de oxigênio e a manutenção da produção de calor e vapor d'água (NAKASAKI; HIRAI, 2017). As elevadas temperaturas adquiridas nesta fase eliminam microrganismos patogênicos, além de minimizar com uma maior garantia a possibilidade de ocorrer sementes de plantas daninhas (SÁNCHEZ; OSPINA; MONTOYA, 2017). A Figura 3 apresenta a curva padrão da temperatura durante a compostagem.

Figura 3 – Variação de temperatura na pilha em função do tempo de compostagem.



Fonte: Adaptado de Brasil (2017a).

Em seguida, processa-se a fase de resfriamento, no qual é marcada pelo reaparecimento das colônias de microrganismos mesófilos, ocorrendo a degradação de substâncias mais resistentes, reduzindo a atividade microbiana e a perda de umidade, e conseqüentemente a redução da temperatura. (SÁNCHEZ; OSPINA; MONTOYA, 2017). Na última fase ocorre a maturação do composto, devido a grande geração de substâncias húmicas e baixa atividade metabólica dos microrganismos, sendo que a temperatura é reduzida até 25-30°C produzindo um produto final estabilizado e livre de toxicidade (KIEHL, 2012). Conforme citado por Fernandes e Silva (2008), os grupos de microrganismos têm uma faixa de temperatura ótima para o desenvolvimento da atividade microbiana que está entre 40°C e 65°C, tendo como média ideal 55°C.

Os fatores físico-químicos restantes que regulam e influenciam a compostagem são aqueles que afetam, de modo maléfico ou benéfico, o desenvolvimento microbiano. Cerda *et al.* (2018) relatou que a aeração é o principal fator que influencia na qualidade da decomposição, ou seja, na estabilidade do composto, devido a sua atuação na oxidação biológica do carbono dos resíduos orgânicos, ocorrendo assim a produção de energia, que é necessária para que os microrganismos realizem a decomposição. Boa parte da energia é utilizada no metabolismo dos microrganismos e o remanescente é liberado na forma de calor (CERDA *et al.*, 2018). A

compostagem termofílica é um processo aeróbio, dado que em anaerobiose as altas temperaturas não são alcançadas, ocasionando um processo de decomposição mais lento, menos eficiente e sendo notado fortes odores desagradáveis (INÁCIO e MILLER, 2013). Para que exista um ambiente adequado para o processo de compostagem, a taxa ótima de oxigênio na leira deve estar entre 5 a 15% (NAKASAKI; HIRAI, 2017).

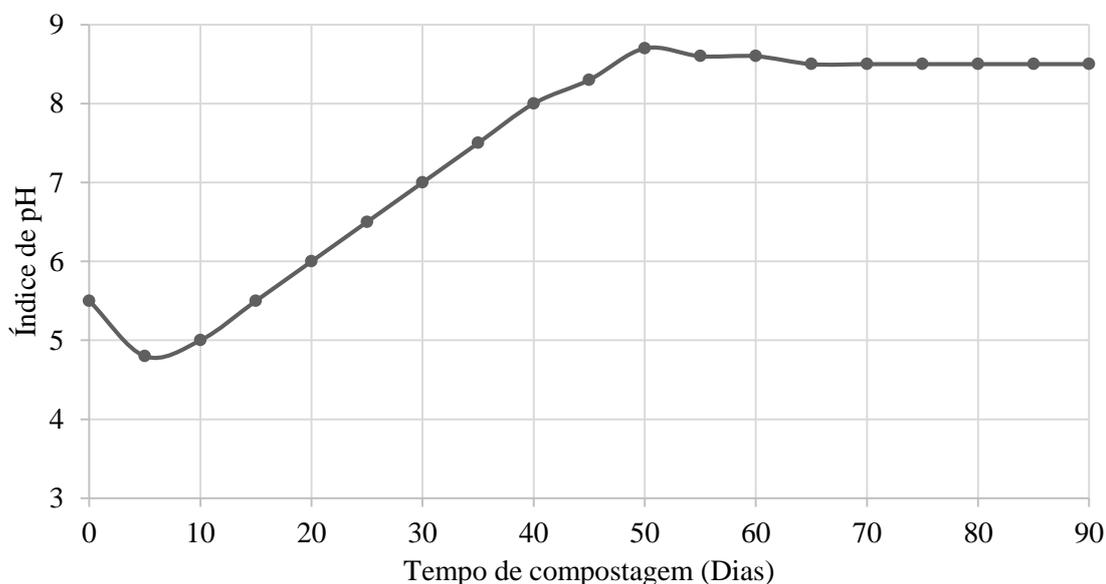
Sendo a compostagem um processo biológico de decomposição do material orgânico, a presença de água é indispensável para a atividade metabólica e fisiológica dos organismos (AZIM *et al.*, 2017). A umidade do composto deve possibilitar o transporte de nutrientes, sem alterar as trocas gasosas e condições aeróbias pois, por excesso ou escassez, a água pode limitar e até impedir a atividade microbiana (ONWOSI *et al.*, 2017). Teores de umidade inferiores a 40%, reduzem a velocidade de degradação, pois não é suprida a quantidade de água necessária para as atividades microbianas. No entanto, valores abaixo de 15% cessa por completo qualquer atividade biológica (INÁCIO; MILLER, 2013). Por outro lado, valores superiores a 65% reduz a penetração de oxigênio na leira, proporcionando o desenvolvimento de condições anaeróbias, formação de lixiviados e odores e perda de nutrientes, reduzindo assim o tempo da decomposição e a qualidade do composto (PILATTI *et al.*, 2019; SOARES *et al.*, 2017). Assim a manutenção da taxa de umidade entre 40 e 60% deve proporcionar um ambiente ideal para a decomposição, pois a água garante a atividade e o metabolismo dos microrganismos, por meio das reações bioquímicas e captação de nutrientes (ONWOSI *et al.*, 2017). Entretanto, a umidade das leiras devem ser apropriadamente acompanhadas, para que não ocorra interferências na atividade microbiológica, sabendo-se que a quantidade de água que evapora é superior do que é adicionada.

A granulometria das partículas influencia a ação dos microrganismos no processo de compostagem e da mesma forma, define a área superficial disponível para a ação microbiana, sendo que quanto menor for à partícula maior será a sua superfície específica, contribuindo assim para que às populações microbiológicas degradem a matéria orgânica (COSTA *et al.*, 2015). Leiras com matérias-primas com partículas maiores, retardam a decomposição por reter menos umidade, apresentam menor área de contato com os microrganismos, maior dificuldade na manutenção de temperaturas elevadas devido ao grande fluxo de ar dentro da pilha. Já leiras com partículas de menor dimensão tem a porosidade da massa de compostagem reduzida, ou seja, ocorrerá compactação, que dificulta a aeração e por consequência, inibição na atividade

microbiana (ONWOSI *et al.*, 2017). A proporção de resíduos grosseiros e finos deve ser mantida com diversos tamanhos distintos, mas preferencialmente entre 10 a 50 mm, isto é, para facilitar a oxigenação e proporcionar uma superfície específica apropriada ao ataque microbiológico (BIDONE; POVINELLI, 2010).

O pH do meio influencia diretamente na atividade metabólica. As espécies de microrganismos se adaptam e conseguem ter sua atividade ótima em diversas faixas, devido ao resíduo utilizado na mistura, que influencia na dinâmica microbiana (CHAN *et al.*, 2016). Akdeniz (2019) afirma que o pH não é um fator crítico no processo, pois ocorre um fenômeno de autorregulação, realizado pelos microrganismos no decorrer da compostagem. Como existe uma ampla variedade de organismo atuando na compostagem é comum haver diminuição do pH na fase inicial pela produção de ácidos orgânicos, atingindo valores menores que 5 (ONWOSI *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2016). Mas com a elevação da temperatura, estes ácidos reagem com bases liberadas, produzindo compostos de reação alcalina, ou seja, são totalmente oxidados. Como consequência, o pH se eleva e permanece entre 7 e 9 dependendo do tipo de resíduo (VALENTE *et al.*, 2009). A Figura 4 mostra a curva de variação do pH em função do tempo de compostagem.

Figura 4 – Variação do pH ao longo do processo de compostagem.



Fonte: Adaptado Santos *et al.*, (2016).

A decisão de qual matéria-prima utilizar na montagem da leira de compostagem é de grande importância para o perfeito funcionamento do processo, sendo fundamental o balanceamento da relação C/N, essa proporção influencia diretamente na taxa de decomposição. O carbono e o nitrogênio são elementos químicos importantes para a manutenção da atividade metabólica e conseqüentemente para a compostagem. (RASTOGI; NANDAL; KHOSLA, 2020; PALANIVELOO *et al.*, 2020). Os materiais ricos em carbono fornecem a matéria orgânica e a energia para as atividades vitais dos microrganismos e os materiais nitrogenados aceleram o processo de compostagem, porque o nitrogênio é necessário para o crescimento dos microrganismos, ou seja, sintetizar proteína (ONWOSI *et al.*, 2017). Os microrganismos exigem e absorvem um N para cada 30 C, no qual dez partes de C são incorporadas ao protoplasma e 20 são eliminadas como CO₂ e o nitrogênio é assimilado na proporção 10/1, sendo assim a relação C/N média inicial para decomposição deve estar entre 25/1 e 35/1, sendo inferior a 20/1 ao final do processo (RASTOGI; NANDAL; KHOSLA, 2020; HAUG, 2017; BRASIL, 2017b). Segundo Zhu *et al.*, (2019) em compostagens que utilizam materiais com relação C/N inferior a 20/1 o carbono é todo utilizado sem estabilizar o N, nesse caso, o excesso de N é perdido para atmosfera por volatilização de amônia ou óxido nitroso, produzindo a liberação de odores desagradáveis. Em contrapartida, materiais com C/N superiores a 40/1, terá ausência de nitrogênio que limitará o desenvolvimento microbiano e o carbono não será inteiramente degradado, assim não originando o almejado aumento da temperatura (FERNANDES; SILVA, 2008). Então, recomenda-se o equilíbrio entre estes elementos para que não se tornem um fator limitante para os microrganismos decompositores (ONWOSI *et al.*, 2017).

3.3.3 Qualidade do Composto

Para que o composto possa ser comercializado deve-se seguir algumas normas legais, de modo que, proporcione ao produtor o conhecimento necessário sobre a qualidade do produto que está adquirido.

A maturidade do composto não deve ser confundida com qualidade. Souza *et al.*, (2001) denominam que a maturidade é o produto final do processo de compostagem da matéria prima bruta, e com uma correta decomposição microbiológica da matéria orgânica têm-se como resultado nutrientes e húmus. Já a qualidade está associada com as características e propriedades

do composto que torna o produto apropriado para o uso agrícola. Um composto pode estar maturado, mas não ter as qualidades necessárias, com valor agrícola, para ser um bom fertilizante orgânico.

A qualidade do composto é monitorada e controlada por meio dos fatores biológicos e físico-químicos durante o processo de compostagem, com o intuito de garantir que o composto atue como um condicionador do solo ou até mesmo como fertilizante orgânico (NUNES, 2009). Isso significa melhorias nas propriedades do solo, contribuindo para a produtividade e redução de custos de produção, como uso de fertilizantes químicos (ALVARENGA *et al.*, 2007; ABREU JR *et al.*, 2005).

O composto deve estar corretamente estabilizado para ser utilizado de maneira eficiente e segura. Isto expressa que o material orgânico natural tem a necessidade de ser convertido para uma configuração que seja mais resistente à degradação, contenha poucos componentes fitotóxicos e contaminantes, e seja livre de patógenos de plantas e animais (DICK e McCOY, 1993; BARREIRA, 2005).

Com o objetivo de verificar a qualidade do composto para comercialização, a legislação brasileira determina limites mínimos e máximos para alguns parâmetros, como: capacidade de troca de cátions, carbono orgânico, elementos traços, nitrogênio total, ovos viáveis de helmintos, pH, relação C:N, *Salmonella ssp.* e umidade. Por outro lado, existem alguns parâmetros que não apresentam limites estabelecidos nas leis e normas brasileiras atuais e que são de suma importância.

3.3.4 Legislações Referentes à Aplicação do Composto

Com a crescente demanda pelo uso de fertilizantes orgânicos na agricultura criou-se preocupações sobre sua aplicação, devido ao grande impacto no desempenho das culturas, bem como no meio ambiente. Portanto, houve a necessidade de publicações de leis, decretos e instruções normativas sobre a utilização de fertilizantes orgânicos (LACERDA; SILVA, 2014).

Tem-se há algum tempo o Decreto Federal nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que regulamentou a Lei Federal nº 6.894 de dezembro de 1980, de âmbito agrônômico referente a regulamentação de fertilizantes produzidos após a compostagem de resíduos orgânicos. Esta lei classifica o resultado da compostagem como fertilizante orgânico, que é todo material de

origem animal ou vegetal que, aplicado em períodos e formas apropriadas ao solo em quantidades, possibilita melhorias de suas propriedades biológicas e físico-químicas. Já o decreto demonstra mais detalhadamente sobre os diferentes tipos de fertilizantes. A princípio, diferencia-se fertilizantes minerais dos orgânicos. Em seguida, distingue-se os fertilizantes orgânicos em simples, misto, composto e organomineral, atualizando a dinâmica desses insumos agrícolas no mercado e incentivando a reciclagem de resíduos orgânicos das mais diversas origens desde que não haja danos relacionados aos aspectos agrônômicos e de saúde pública.

Segundo Lacerda; Silva (2014) foram aprovadas e publicadas diversas Instruções Normativas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a fim de detalhar as leis e decretos anteriores, bem como definir os quesitos legais sobre limites e tolerâncias para obtenção de fertilizantes orgânicos de boa qualidade, como:

- Instrução Normativa SDA nº 25, de 23 de julho de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura.
- Instrução Normativa SDA nº 27, de 5 de junho de 2006, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Dispõe sobre a importação ou comercialização, para a produção, de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes.
- Instrução Normativa GM nº 46, de 6 de outubro de 2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal de Vegetal.
- Instrução Normativa SDA nº 61, de 8 de julho de 2020, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura.
- Resolução CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.

- Resolução CONAMA n° 481, de 8 de outubro de 2017. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências.

Apesar do avanço nas normas, nota-se que a legislação ainda é precária para garantir a utilização intermitente do composto na agricultura, o que tem relação direta com a falta de estudos técnicos, que seriam utilizados como base para melhorar o aproveitamento agrícola, evitando assim os riscos ambientais (ABREU JR *et al.*, 2005). Como consequência dessa discussão, é de suma importância que o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento incentive a regulamentação do uso de fertilizante orgânico para que ocorra mais desenvolvimento de novas atividades relacionadas à compostagem.

4 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O gerenciamento dos resíduos de origem animal tem merecido atenção crescente pelos seus impactos ambientais. Dejetos de animais são um importante insumo agrícola que podem trazer benefícios econômicos quando substituído a adubação mineral pela orgânica na forma de compostagem.

Assim, a reutilização racional dos dejetos de animais para a fertilização do solo deve ser tratada como uma necessidade básica. Contudo, as aplicações de compostos nos solos agrícolas devem ser feitas sob rigorosos preceitos técnicos, já que é comum ocorrerem aplicações excessivas, as quais acarretam em poluição ambiental.

É importante considerar que o uso do dejetos bovinos e caninos na adubação deve ocorrer em quantidade e modo adequados para potencializar os benefícios dessa prática sem comprometer a qualidade do solo.

5 REFERÊNCIAS

ABREU JUNIOR, C. H. *et al.* Uso Agrícola de Resíduos Orgânicos Potencialmente Poluentes: Propriedades Químicas do Solo e Produção Vegetal. **Tópicos em Ciências do Solo**, v. 4, p. 391-470, 2005.

AKDENIZ, Neslihan. A systematic review of biochar use in animal waste composting. **Waste Management**, Illinois, v. 88, p. 291-300, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.054>.

ALVARENGA, P. *et al.* Evaluation of chemical and ecotoxicological characteristics of biodegradable organic residues for application to agricultural land. **Environmental International**, v.33, p.505-513, 2007.

ALVES, J. do C. *et al.* Níveis de esterco bovino em substratos para produção de mudas de pimenta malagueta. **Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 695-704, 2020. <http://dx.doi.org/10.34188/bjaerv3n2-029>.

ALVES, Maria Cecilia Goi Porto *et al.* Estimation of the dog and cat population in the State of São Paulo. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 39, n. 6, p. 891-897, dez. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-89102005000600004>.

AZIM, K. *et al.* Composting parameters and compost quality: a literature review. **Organic Agriculture**, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 141-158, 20 abr. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13165-017-0180-z>.

BANETH, G. *et al.* Major Parasitic Zoonoses Associated with Dogs and Cats in Europe. **Journal Of Comparative Pathology**, [S.L.], v. 155, n. 1, p. 54-74, jul. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcpa.2015.10.179>.

BAO, W.; YANG, Y.; FU, T.; HUI XIE, G. Estimation of livestock excrement and its biogas production potential in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 229, p.1158-1166, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.059>.

BARREIRA, Luciana Pranzetti. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção**. 2005. 204 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

BARROS, E. C. *et al.* **Potencial agrônomo dos dejetos de suínos**. Concórdia, Sc: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 52 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/207427/1/final9052.pdf>.

BASSO, C. J. *et al.* Poultry litter and swine compost as nutrients sources in millet. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n. 2, p. 288-296, 2017. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia. <http://dx.doi.org/10.14393/bj-v33n2-33059>.

BELO, Marco Antônio de Andrade; SILVA, Cristian José da. Censo canino e felino: sua importância no controle de zoonoses na cidade de Cacoal-RO. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 3367-3373, 2015.

BERTICELLI, Ritielli; *et al.* Compostagem como alternativa de Biorremediação de áreas contaminadas. **Revista CIATEC – UPF**, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, v.8 n.1, p.12-28, 2016. Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/ciatec/article/download/4143/3679/>.

BIDONE, Francisco Ricardo Andrade. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização**. Brasília: Finep/prosab, 2001. 216 p.

BIDONE, Francisco Ricardo Andrade; POVINELLI, Jurandyr. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. 3. ed., Rev. e Atual. São Carlos, Sp: Eesc-Usp, 2010. 109 p. (ISBN 858520527X (broch.)).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Programa Abc: Tratamento de Resíduos Animais**. Brasília, DF, 19 jan. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 481**, de 3 de outubro de 2017. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2017b.

BRASIL. **Decreto nº 8.384, de 29 de Dezembro de 2014**: Altera o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 14 jan. 2004.

BRASIL. Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA). Estabelece o regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal, bem como as listas de substâncias permitidas para uso nos sistemas orgânicos de produção animal e vegetal, na forma desta instrução normativa e dos seus anexos I a VII. Instrução Normativa nº 46, de 6 de outubro de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 1, nº142, p.20-24, jul. 2009a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 375**, 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Brasília: DOU, 2006. p.141-146. (Seção 1, nº 167, de 30 de agosto 2006).

BRASIL. Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA). Instrução Normativa nº 27, de 05 de junho de 2006. Dispõe sobre os fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes, que para serem produzidos, importados ou comercializados, deverão atender aos limites estabelecidos nos Anexos I, II, III, IV e V desta Instrução Normativa no que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, jun. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 61, de 08 de julho de 2020. Estabelece as regras sobre

definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 1, nº134, p.5, jul. 2020.

CANATTO, B.D. *et al.* Caracterização demográfica das populações de cães e gatos supervisionados do município de São Paulo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 64, n. 6, p. 1515-1523, dez. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-09352012000600017>.

CATAPAN, Dariane Cristina *et al.* Population estimate and Surgical Sterilization Program for Cats and Dogs. **Acta Veterinaria Brasilica**, São José dos Pinhais, Pn, v. 9, n. 3, p. 259-273, 7 dez. 2015. Editora da Universidade Federal Rural do Semi-Arido - EdUFERSA. <http://dx.doi.org/10.21708/avb.2015.9.3.5405>.

CERDA, Alejandra *et al.* Composting of food wastes: status and challenges. **Bioresour. Technol.**, Barcelona, v. 248, p. 57-67, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.133>.

CHAN, M.T., SELVAM, A., WONG, J.W.C. Reducing nitrogen loss and salinity during 'struvite' food waste composting by zeolite amendment. **Bioresour. Technol.**, v.200, p.838-844, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.10.093>.

CHRISTOU, L. The global burden of bacterial and viral zoonotic infections. **Clinical Microbiology And Infection**, Ioannina, Greece, v. 17, n. 3, p. 326-330, mar. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-0691.2010.03441.x>.

CINQUEPALMI, Vittoria *et al.* Environmental Contamination by Dog's Faeces: a public health problem? **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, Bari, Italy, v. 10, n. 1, p. 72-84, 24 dez. 2012. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph10010072>.

CIRNE, Filipe Souza de Lima *et al.* CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR OVOS DE *Ancylostoma* spp. E *Toxocara* spp. EM ÁREAS DE SEIS PRAÇAS PÚBLICAS DO MUNICÍPIO DE VALENÇA, ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Acta Biomédica**

Brasiliensia, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 35-42, 21 jul. 2017. Universidade Iguacu - Campus V. <http://dx.doi.org/10.18571/acbm.120>.

COSTA, Amanda R. S. *et al.* O processo da compostagem e seu potencial na reciclagem de resíduos orgânicos: The process of composting and its potential in the recycling of organic waste. **Revista Geama**, Recife, v. 2, n. 1, p.1-15, 2015.

DELAHOY, Miranda J. *et al.* Pathogens transmitted in animal feces in low- and middle-income countries. **International Journal Of Hygiene And Environmental Health**, Atlanta, Usa, v. 221, n. 4, p. 661-676, maio 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.03.005>.

DIAS, Ricardo Augusto *et al.* Estimativa de populações canina e felina domiciliadas em zona urbana do Estado de São Paulo. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 565-570, ago. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-89102004000400013>.

DICK, W.A.; MCCOY, E.L. Enhancing soil fertility by addition of compost. In: Hoitink e Keener, editors. **Science and Engineering of Composting: design, environmental, microbial and utilization aspects**. Wooster (Ohio): The Ohio State University, p. 622-644, 1993.

ECKHARDT, D. P. *et al.* Cattle Manure Bioconversion Effect on the Availability of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium in Soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 42, p. 1-10, 26 jul. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/18069657rbc20170327>.

ERCUMEN, A. *et al.* Animal Feces Contribute to Domestic Fecal Contamination: evidence frome. colimeasured in water, hands, food, flies, and soil in bangladesh. **Environmental Science & Technology**, [S.L.], v. 51, n. 15, p. 8725-8734, 20 jul. 2017. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.7b01710>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.7b01710#>. Acesso em: 11 jan. 2022.

ESCH, Kevin J.; PETERSEN, Christine A. Transmission and Epidemiology of Zoonotic Protozoal Diseases of Companion Animals. **Clinical Microbiology Reviews**, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 58-85, jan. 2013. American Society for Microbiology. <http://dx.doi.org/10.1128/cmr.00067-12>.

FERNANDES, Fernando; SILVA, Sandra Márcia Cesário Pereira da. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. Londrina: Prosab - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, 2008. 91 p.

FERRAZ, Alexsander *et al.* Parasitos com potencial zoonótico em fezes de cães presentes na areia da praia do Laranjal, Pelotas-RS. **Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública**, Pelotas, v. 5, n. 1, p. 47-50, 31 mar. 2018. Universidade Estadual de Maringa. <http://dx.doi.org/10.4025/revcivet.v5i1.39577>.

FERREIRA, J. P.; SHARMA, A.; ZANNAD, Fa. The Future of Meat: health impact assessment with randomized evidence. **The American Journal Of Medicine**, [S.L.], p. 1-19, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjmed.2020.11.007>.

FLORES, J. P.; FELLSTRECKER, M.; CHARVET, P.. Evaluation of Maturity and Contamination of Products from Waste Composting with Domestic Application of Stool Canine. **Revista Aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica**, [S.I.], v. 8, n. 3, p. 385-396, 2015.

GAUR, Vivek Kumar *et al.* Assessing the impact of industrial waste on environment and mitigation strategies: a comprehensive review. **Journal Of Hazardous Materials**, Lucknow, India, v. 398, p. 123019-123081, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123019>.

GIROTTO, F.; COSSU, R. Animal Waste: Opportunities and Challenges. In: LICHTFOUSE, Eric. **Sustainable Agriculture Reviews**. 22. ed. Padova: Springer, Cham, 2017. Cap. 1. p. 1-13. (ISBN: 978-3-319-48006-0). https://doi.org/10.1007/978-3-319-48006-0_1.

GONZÁLEZ, N. *et al.* Meat consumption: which are the current global risks? a review of recent (2010?2020) evidences. **Food Research International**, [S.L.], v. 137, p. 109341-109347, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109341>.

GUO, T. *et al.* Increased occurrence of heavy metals, antibiotics and resistance genes in surface soil after long-term application of manure. **Science Of The Total Environment**, Hangzhou, v. 635, p. 995-1003, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.194>.

GUO, Z.C. *et al.* Long-term animal manure application promoted biological binding agents but not soil aggregation in a Vertisol. **Soil And Tillage Research**, Nanjing, v. 180, p. 232-237, ago. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2018.03.007>.

HAUG, Roger T. **The Practical Handbook of Compost Engineering**. Boca Raton: Lewis Publishers, 2017. 752 p. (ISBN do e-book: 9780203736234). DOI: <https://doi.org/10.1201/9780203736234>.

INÁCIO, Caio de Teves; MILLER, Paul Richard Momsen. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2013. 156 p. (ISBN-13: 978-8585864316).

IPB, Instituto Pet Brasil. **Censo Pet: 139,3 milhões de animais de estimação no Brasil**. São Paulo: Ed. do Autor, 2019. Disponível em: <http://institutopetbrasil.com/imprensa/censo-pet-1393-milhoes-de-animais-de-estimacao-no-brasil/#:~:>. Acesso em: 12 jan. 2021.

JUAREZ, M.F.D., PRAEHAUSER, B., WALTER, A., INSAM, H., FRANKE-WHITTLE, I.H. Cocomposting of biowaste and wood ash, influence on a microbially driven-process. **Waste Manag.** v.46, p.155-164, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.015>.

JUNQUEIRA, Ana Nira Nunes; GALERA, Paula Diniz. Characteristics of the population of dogs and cats in Brazil. **Acta Veterinaria Brasilica**, Brasília, v. 13, n. 2, p. 77-86, 24 jun. 2019. Editora da Universidade Federal Rural do Semi-Arido - EdUFERSA. <http://dx.doi.org/10.21708/avb.2019.13.2.8028>.

KIEHL, Edmar José. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica "ceres", 1985. 492 p.

KIEHL, Edmar José. **Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. 6. ed. Piracicaba: Editado Pelo Autor, 2012. 162 p.

KRYSTOSIK, Amy *et al.* Solid Wastes Provide Breeding Sites, Burrows, and Food for Biological Disease Vectors, and Urban Zoonotic Reservoirs: a call to action for solutions-based research. **Frontiers In Public Health**, Stanford, Ca, United States, v. 7, n. 405, p. 1-20, 17 jan. 2020. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpubh.2019.00405>.

LACERDA, Julian Junio Jesus; SILVA, Douglas Ramos Guelfi. **Fertilizantes orgânicos: usos, legislação e métodos de análise: Boletim Técnico**. 96. ed. Lavras: Editora UFLA, p.90, 2014.

LI, Z., LU, H., REN, L., HE, L. Experimental and modeling approaches for food waste composting: a review. **Chemosphere**, v.93, p.1247-1257, 2013.

LIMA, L. C.; FIA, R.; RIBEIRO, A. G. C.; HASHIZUME, B. M.; SOARES, R. A. Qualidade do composto gerado no tratamento de resíduo sólidos de restaurante e diferentes resíduos orgânicos. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 5, p. 407-416, 2017. <https://doi.org/10.13083/reveng.v25i5.812>.

LOPES, C. *et al.* Adsorção de Cu e Zn num Latossolo Vermelho tratado com dejetos suínos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 6, p. 997-1005, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201461060016>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rceres/v61n6/a16v61n6.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2022.

MAGNABOSCO, C. **População domiciliada de cães e gatos em São Paulo: perfil obtido através de um inquérito domiciliar multicêntrico**. 2006. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Epidemiologia, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MANU, M. K.; KUMAR, R.; GARG, A. Decentralized composting of household wet biodegradable waste in plastic drums: Effect of waste turning, microbial inoculum and bulking agent on product quality. **Journal of Cleaner Production**, v. 226, p. 233-241, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.350>.

MANU, M.K.; KUMAR, Rakesh; GARG, Anurag. Performance assessment of improved composting system for food waste with varying aeration and use of microbial inoculum. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 234, p. 167-177, jun. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.03.023>.

MARTÍNEZ-SABATER, E. *et al.* Comprehensive management of dog faeces: composting versus anaerobic digestion. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 250, p. 109437-109443, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109437>.

NAKASAKI, Kiyohiko; HIRAI, Hidehira. Temperature control strategy to enhance the activity of yeast inoculated into compost raw material f. **Waste Management**, [S.L.], v. 65, p. 29-36, jul. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2017.04.019>.

NASCIMENTO, A. L. *et al.* Metais pesados no solo e mamoneira adubada com biossólido e silicato de cálcio e magnésio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 5, p. 505-511, maio 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p505-511>.

NDAMBI, O. A. *et al.* Manure Management Practices and Policies in Sub-Saharan Africa: implications on manure quality as a fertilizer. **Frontiers In Sustainable Food Systems**, [S.L.], v. 3, p. 1-14, 8 maio 2019. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fsufs.2019.00029>.

NICOLOSO, R. da S.; OLIVEIRA, P. A. V. de. Modelo de gestão e de licenciamento ambiental para a suinocultura brasileira. In: PALHARES, Julio Cesar Pascale. **Produção Animal e Recursos Hídricos**. São Carlos: Editora Cubo, 2016. Cap. 6. p. 97-104. (Embrapa Suínos e Aves (CNPSA)).

NOTARNICOLA, B. *et al.* Environmental impacts of food consumption in Europe. **Journal Of Cleaner Production**, Itália, v. 140, p. 753-765, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.080>.

NUNES, M. U. C. **Compostagem de resíduos para produção de adubo orgânico na pequena propriedade**, Embrapa, Circular Técnica 59, Sergipe, p. 7, 2009.

OKIN, G. S. Environmental impacts of food consumption by dogs and cats. **Plos One**, [S.L.], v. 12, n. 8, p. 0181301-0181315, 2 ago. 2017. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0181301>.

ONWOSI, C. O. *et al.* Composting technology in waste stabilization: on the methods, challenges and future prospects. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 190, p. 140-157, abr. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.051>.

PALANIVELOO, Kishneth *et al.* Food Waste Composting and Microbial Community Structure Profiling. **Processes**, Kuala Lumpur, Malaysia, v. 8, n. 6, p. 723-753, 22 jun. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/pr8060723>.

PARK, J. *et al.* Organic Matter Composition of Manure and Its Potential Impact on Plant Growth. **Sustainability**, [S.L.], v. 11, n. 8, p. 2346-2358, 19 abr. 2019. <http://dx.doi.org/10.3390/su11082346>.

PASCHOAL, A. D. **Produção orgânica de alimentos: agricultura sustentável para os séculos XX e XXI**. Piracicaba: Ed. do Autor, 1994. 191 p.

PENAKALAPATI, Gauthami *et al.* Exposure to Animal Feces and Human Health: a systematic review and proposed research priorities. **Environmental Science & Technology**, Atlanta, United States, v. 51, n. 20, p. 11537-11552, 9 out. 2017. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.7b02811>.

PERGOLA, M. *et al.* Composting: the way for a sustainable agriculture. **Applied Soil Ecology**, Potenza, v. 123, p. 744-750, fev. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.10.016>.

PILATTI, J. A. *et al.* Diurnal behaviors and herd characteristics of dairy cows housed in a compost-bedded pack barn system under hot and humid conditions. **Animal**, Paraná, v. 13, n. 2, p. 399-406, 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1017/s1751731118001088>.

PIRES, Ana; MARTINHO, Graça; CHANG, Ni-Bin. Solid waste management in European countries: a review of systems analysis techniques. **Journal Of Environmental Management**, Caparica, Portugal, v. 92, n. 4, p. 1033-1050, abr. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.024>.

QDAIS, Hani Abu; AL-WIDYAN, Mohamad. Evaluating composting and co-composting kinetics of various agro-industrial wastes. **International Journal Of Recycling Of Organic Waste In Agriculture**, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 273-280, 26 ago. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40093-016-0137-3>.

RASTOGI, Mansi; NANDAL, Meenakshi; KHOSLA, Babita. Microbes as vital additives for solid waste composting. **Heliyon**, Rohtak, India, v. 6, n. 2, p. 3343-3354, fev. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03343>.

SÁNCHEZ, Ó. J.; OSPINA, D. A.; MONTOYA, S. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. **Waste Management**, [S.L.], v. 69, p. 136-153, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.012>.

SANTOS, Fábio Augusto Galli dos *et al.* Ocorrência de parasitos gastrintestinais em cães (*Canis familiaris*) com diarreia aguda oriundos da região metropolitana de Londrina, Estado do Paraná, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 2, p. 257-268, 30 out. 2007. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2007v28n2p257>.

SANTOS, Henrique Luiz da Silva *et al.* Uso de diferentes substratos na compostagem de resíduos de suínos. **Revista Diálogos & Ciência**, [S.I.], v. 16, n. 38, p. 122-142, 2016.

SANTOS, I. A. dos.; NOGUEIRA, L. A. H.. Estudo energético do esterco bovino: seu valor de substituição e impacto da biodigestão anaeróbia. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 4, n. 1, p. 41-49, 1 abr. 2012. IFSULDEMINAS (Instituto Federal do Sul de Minas). <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v4n12012373>.

SCAINI, Carlos James *et al.* Contaminação ambiental por ovos e larvas de helmintos em fezes de cães na área central do Balneário Cassino, Rio Grande do Sul. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Uberaba, v. 36, n. 5, p. 617-619, out. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0037-86822003000500013>.

SERAFINI, C. A. V. *et al.* Survey of Owned Feline and Canine Populations in Apartments from a Neighbourhood in Curitiba, Brazil. **Zoonoses And Public Health**, [S.L.], v. 55, n. 8-10, p. 402-405, 3 set. 2008. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1863-2378.2008.01171.x>.

SHARMA, V.K. *et al.* Processing of urban and agro-industrial residues by aerobic composting: review. **Energy Conversion And Management**, Policoro (Mt), Italy, v. 38, n. 5, p. 453-478, mar. 1997. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0196-8904\(96\)00068-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0196-8904(96)00068-4).

SOARES, J. D. R.; REZENDE, R, A. L. S.; REZENDE, R. M.; BOTREL, E. P.; CARVALHO, A. M. Compostagem de resíduos agrícolas: uma fonte de substâncias húmicas. **Scientia Agraria Paranaensis – Sci. Agrar. Parana**, v. 16, n. 4, p. 414 – 421, 2017.

SOUZA, F. A.; AQUINO, A. M.; RICCI, M. S. F.; FEIDEN, A. **Compostagem**. Circular Técnica nº 50, Embrapa Agrobiologia, Seropédica/RJ, 11 p., 2001.

SU, Bingtao; MARTENS, Pim. How Ethical Ideologies Relate to Public Attitudes toward Animals: the dutch case. **Anthrozoös**, Netherlands, v. 31, n. 2, p. 179-194, 4 mar. 2018. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/08927936.2018.1434056>.

TAYLOR, Louise H.; LATHAM, Sophia M.; WOOLHOUSE, Mark E.J. Risk factors for human disease emergence. **Philosophical Transactions Of The Royal Society Of London. Series B: Biological Sciences**, [S.L.], v. 356, n. 1411, p. 983-989, 29 jul. 2001. The Royal Society. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2001.0888>.

UNITED STATES. United States Department of Agriculture (USDA). **Production Supply And Distribution Online (Psd Online)**. United States, US, 2016.

VALENTE, B.S. *et al.* Fatores que Afetam o Desenvolvimento da Compostagem de Resíduos Orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, Pelotas, v. 58, p. 59-85, 2009.

VARGAS, Catalina *et al.* FREQUENCY OF ANTI- *Toxocara* spp. ANTIBODIES IN INDIVIDUALS ATTENDED BY THE CENTRO DE SALUD FAMILIAR AND ENVIRONMENTAL CONTAMINATION WITH *Toxocara canis* EGGS IN DOG FECES, IN THE COASTAL NIEBLA TOWN, CHILE. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, São Paulo, v. 58, n. 62, p. 1-7, 2016.

VEERAMANI, A.; DIAS, G. M.; KIRKPATRICK, S. I. Carbon footprint of dietary patterns in Ontario, Canada: a case study based on actual food consumption. **Journal Of Cleaner Production**, Ontário, Canadá, v. 162, p. 1398-1406, set. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.025>.

WHO, World Health Organization. **Managing zoonotic public health risks at the human-animal-ecosystem interface**. Geneva, Switzerland: Who, 2011.

YANG, X. *et al.* Heavy metal concentrations and arsenic speciation in animal manure composts in China. **Waste Management**, Nanjing, v. 64, p. 333-339, jun. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2017.03.015>.

ZHANG, Lu; SUN, Xiangyang. Influence of bulking agents on physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage composting of green waste. **Waste Management**, [S.L.], v. 48, p. 115-126, fev. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.032>.

ZHU, L.; ZHAO, Y.; ZHANG, W.; ZHOU, H.; CHEN, X.; LI, Y.; WEI, D.; WEI, Z. Roles of bacterial community in the transformation of organic nitrogen toward enhanced bioavailability during composting with different wastes. **Bioresource Technology**, v.285, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121326>.

6 ARTIGO

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE COMPOSTOS ORGÂNICOS PRODUZIDOS A PARTIR DE FEZES CANINAS E BOVINAS COM SERRAGEM DE MADEIRA

Renan Teixeira Delfino^a e Fatima Resende Luiz Fia^a

^a Departamento de Engenharia, Centro Universitário, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil, renan.td@hotmail.com / fatimarlf@ufla.br

‡ Autor correspondente: Renan T. Delfino

e mail: renan.td@hotmail.com

Endereço: Departamento de Engenharia, Centro Universitário, Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 37200 000, Brasil

Tel: 55 35 998850210

Resumo

A realização de compostagem para posterior aproveitamento agrícola de resíduos sólidos é uma realidade para muitos dos rejeitos, porém pouco se sabe sobre a utilização de fezes caninas. Objetivou-se avaliar nutricionalmente a qualidade de dois compostos orgânicos produzidos a partir de fezes caninas (FC) com serragem de madeira (SM) e fezes bovinas (FB) com SM, para fins de uso agrícola, no que diz respeito à concentração de metais, e macro e micronutrientes. Montou-se seis pilhas, três com 85% de FB e 15% de SM e outras três com 85% de FC e 15% de SM, com dimensão de 1m³, relação COT/N_T inicial de 30/1 e monitoradas durante 90 dias. O revolvimento das leiras e o monitoramento da temperatura e umidade foram realizados três vezes por semana. A temperatura média da leira foi determinada utilizando o termômetro de vara e o monitoramento da umidade foi feito empiricamente por meio do pressionamento de parte do material compostado, mantendo a umidade entre 40% e 60%. O reviramento ocorreu no período de um mês e depois deu início a fase de maturação, que permaneceu por mais dois meses. As variáveis analisadas dos fertilizantes orgânicos tendo como base os parâmetros para uso agrícola foram caracterizados conforme descrita na Resolução CONAMA n° 375/06, Instrução Normativa (IN) n° 27/06 e IN n° 25/09, para análises de macro, micronutrientes e metais. As variáveis analisadas foram submetidos ao teste t de Student para dados independentes com variâncias iguais e adotado como diferença significativa um nível de significância de 5% (0,05 p-valor). Foram observadas diferenças significativas nas concentrações médias de cálcio (Ca) e zinco (Zn) (P<0,05). Os outros parâmetros analisados não foram observados diferenças significativas entre os dois compostos (P<0,05). Ambos os compostos apresentaram valores finais de relação TOC/N_T<20. Os resultados obtidos com esses

procedimentos mostraram as possibilidades de agregar valor a estes resíduos em um contexto urbano onde a economia circular representa um cenário favorável, sendo necessário o monitoramento periódico de metais no solo de destino, principalmente o Zn. Contudo, as variáveis analisadas encontram-se acima do mínimo exigido em normas brasileiras para comercialização adequadas para fins agrícolas.

Palavras-chave: Compostagem. Fertilizante Orgânico. Bovinos. Caninos. Fezes.

Introdução

A população de animais abandonados na zona urbana representa um grande problema na maioria dos municípios brasileiro, uma vez que não possuem cuidados veterinários adequados e são hospedeiros de mais de 300 tipos de zoonoses. Destacam-se a raiva, leptospirose, doença de chagas e leishmaniose, além da alta incidência de ataques/mordidas (OKIN, 2017; DÜRR *et al.*, 2017; MASSEI *et al.*, 2017). Neste contexto, programas de controle de animais errantes são questões de saúde pública. Em inúmeros municípios existem canis que acolhem, cuidam, castram e encaminham os cães errantes. Neste sentido, são desenvolvidas pesquisas em busca de soluções ambientalmente adequadas para a produção de dejetos de animais.

O tratamento e disposição das fezes caninas devem ser realizados de forma criteriosa, a fim de evitar contaminação das águas, solo e atmosfera. A separação dos dejetos sólidos (fezes) dos líquidos possui vantagens no sentido de diminuir as cargas líquidas, facilitando seu tratamento e lançamento na coleção hídrica e de possibilitar sua aplicação no solo. Dejetos fecais possuem macro e micronutrientes, além da matéria orgânica, que podem ser utilizados em benefício às plantas, economizando o uso de fertilizantes químicos e fechando o ciclo de nutrientes (HARDER *et al.*, 2019).

Para o tratamento das fezes existem diversas técnicas, cujos objetivos principais são a estabilização biológica e a inativação de microrganismos patogênicos, dentre as quais, se destaca a compostagem. Vinneras (2007) obteve redução de patógenos por compostagem a temperaturas acima de 65°C, entretanto, alerta sobre a possibilidade de crescimento de patógenos, uma vez que nem todo o material é aquecido igualmente.

O processo de compostagem tem sido usado como alternativa para tratamento adequado de fezes de animais. O estudo envolvendo a compostagem tem se orientado na busca ao aumento da capacidade de absorção de dejetos aos diferentes materiais (restos orgânicos

vegetais, palha, espiga de milho, arroz, palhada do feijão, vagem, bagaço de cana, palha de café, sobra de cocheiras e camas de animais) e no baixo custo. A grande vantagem do processo é a baixa necessidade de tecnologia, porém necessita de intensa operacionalização (MENG *et al.*, 2018; GAVILANES-TERÁN *et al.*, 2016).

Segundo Martínez-Sabater *et al.* (2019), as fezes de cães compostadas possuem concentrações de macro e micronutrientes acima do mínimo exigido em normas para comercialização como composto orgânico, portanto, deve ser considerado na agricultura como forma de ciclagem de nutrientes, embora deva ser realizado um monitoramento periódico de metais no solo de destino.

Já o esterco bovino têm sido utilizado em diversos cultivos por proporcionar aumento na produtividade de culturas (MARTINS *et al.*, 2015). As concentrações de nutrientes nos dejetos produzidos por bovinos variam significativamente, de acordo com a ingestão de alimentos e os níveis de suplementação, e os compostos produzidos são considerados excelentes adubos, pois apresentam em sua composição praticamente todos os nutrientes essenciais ao desenvolvimento vegetal (TAN, 2021).

A compostagem com dejetos de gado é uma opção viável para manter a fertilidade, reduzir custos, aumentar a produtividade, melhorar as propriedades físico-químicas do solo, reduzir a poluição e aumentar a eficiência e a qualidade dos nutrientes no sistema de produção (DADRASNIA *et al.*, 2021; AYILARA *et al.*, 2020).

Neste contexto, objetivou-se avaliar nutricionalmente a qualidade dos compostos orgânicos produzidos a partir de fezes de cães com serragem de madeira e fezes bovinas com serragem de madeira, para fins de uso agrícola, no que diz respeito à concentração de metais, macro e micronutrientes.

Metodologia

As leiras de compostagem foram montadas em estufa de compostagem (ambiente controlado), em agosto de 2021, no município de Lavras, MG, no Núcleo de Estudos em Plantas Oleaginosas, Óleos Vegetais, Gorduras e Biocombustíveis (G-Óleo), dos Departamentos de Engenharia Agrícola e de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), com latitude de 21° 13'23. 9" Sul e longitude 44° 58'13 .5" Oeste, estando a uma altitude de 927 metros.

Os resíduos orgânicos utilizados nos experimentos de compostagem foram resíduos de fezes bovinas (FB) coletados na Fazenda Palmital da UFLA; fezes caninas (FC) cedidas pelo canil Parque Francisco de Assis (PFA) e serragem de madeira (SM) disponibilizada pelas madeiras da cidade de Lavras/MG.

Para o processo de compostagem, cada composteira tinha 1,2m³ (1m x 1m x 1,2m), foram montadas seis pilhas, três com fezes bovinas e serragem de madeira e outras três com fezes caninas e serragem de madeira, com dimensão de 1m³ (1m x 1m x 1m). O cálculo da proporção das matérias-primas utilizadas nas misturas de compostagem, com base na matéria fresca, foi aplicando a Equação 1, desenvolvida pela pesquisadora Gomes *et al.*, (2001), e esse cálculo foi considerando as diferentes matérias-primas possíveis (Tabela 2), de forma que a mistura do composto tenha a relação carbono-nitrogênio (COT/N_T) escolhida.

$$PMRC = \frac{(30 \times N_n) - C_n}{C_c - (30 \times N_c)} \quad (1)$$

no qual:

PMRC = partes do material rico em carbono;

N_n = teor de nitrogênio (N) do material rico em N;

C_n = teor de carbono (C) do material rico em N;

C_c = teor de carbono (C) do material rico em C;

N_c = teor de nitrogênio (N) do material rico em C.

A relação COT/N_T inicial foi definida de 30/1, após o cálculo para definir as partes do material rico em C foi construído pilhas de seis partes de resíduos de fezes bovinas para uma parte de resíduos de serragem de madeira e também, pilhas de seis partes de resíduos de fezes caninas para uma parte de resíduos de serragem de madeira, ou seja uma proporção de:

- Pilhas Bovinas (PB): 85% FB + 15% SM

- Pilhas Caninas (PC): 85% FC + 15% SM

As leiras de compostagem foram monitoradas entre agosto de 2021 e novembro de 2021. O revolvimento das leiras foram realizados três vezes por semana, por viragens manuais, por meio de uma pá de bico com cabo de madeira visando garantir a aeração e o controle da temperatura no material.

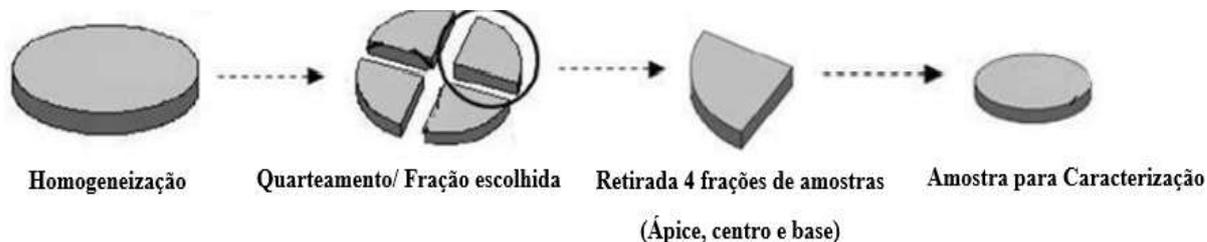
O monitoramento da temperatura das leiras de compostagem foram executados anteriormente ao revolvimento das leiras, ou seja, três vezes por semana. A temperatura média da leira foi determinada utilizando o termômetro de vara (Incoterm 5041), com o auxílio de uma régua foram medidos aproximadamente 50cm de profundidade, sendo introduzido o termômetro ao centro da pilha de compostagem, assim realizando o monitoramento.

Já o monitoramento da umidade das leiras de compostagem também foram realizados anteriormente ao revolvimento das leiras, mantendo a umidade em valores entre 40% e 60%, principalmente na fase bio-oxidativa quando a perda de água por evaporação é maior. O monitoramento da umidade foi feito empiricamente por meio do pressionamento de parte do material compostado. Ao comprimi-lo com a mão o material deve formar um “bolo”, não se desfazendo facilmente, mantendo-se moldado. Caso se desprenda com facilidade, é provável que o material esteja com umidade reduzida. Já se ocorrer o escorrimento de líquido com facilidade, indica que a umidade está em excesso, limitando assim o bom desenvolvimento do processo (SÁNCHEZ; OSPINA; MONTOYA, 2017; RIBEIRO e ROCHA 2002).

Após o período de um mês do início da compostagem, os compostos foram removidos das leiras e mantidos em local externo as leiras, ainda em ambiente controlado, cessando o revolvimento das pilhas, devido ao início do processo na fase de maturação, que permaneceu por mais dois mês, 60 dias.

Para as análises realizaram-se coletas dos compostos após a finalização do processo de compostagem por quarteamento através de homogeneização até obtenção de 1 kg, conforme Portaria nº1 de 04/03/83 do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1983). Os compostos foram homogeneizados com auxílio de uma pá de bico com cabo de madeira, e após o quarteamento, foi escolhido uma fração e retirada manualmente quatro frações de amostras, sendo uma do ápice, duas do centro e uma da base para caracterização. Essas quatro frações foram novamente homogeneizadas e fracionadas conforme as análises (Figura 1).

Figura 1 – Esquema de homogeneização, quartejamento e retirada das amostras de compostos para caracterização.



Fonte: Do autor (2022).

Após coletado, o material foi armazenado em recipientes assépticos e conduzido até o laboratório de Águas Residuárias, do Departamento de Engenharia Ambiental e Laboratório de Fertilidade do Solo, no Departamento de Ciências do Solo da UFLA, para processamento, no qual foram realizadas as análises apresentadas na Tabela 1, com seus respectivos métodos de avaliação.

Tabela 1 – Variáveis analisadas e métodos e avaliação.

Variáveis	Método de análise
P, K, Na, S, Ca, Mg, B, Cd, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn, Co, Fe, Mn, Ba	EPA-SW-846-3051a, com determinação por ICP-OES
N _T	Micro-Kjeldahl (APHA <i>et al.</i> , 2005)
pH	Potenciômetro de bancada (APHA <i>et al.</i> , 2005)
MO	Método da Mufla (Goldin, 1987)
COT	Digestão com dicromato e determinação volumétrica (Andrade, 2006)
ST e SV	Standard Methods (APHA <i>et al.</i> , 2005)

P: Fósforo; K: Potássio; Na: Sódio; S: Enxofre; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; B: Boro; Cd: Cádmio; Pb: Chumbo; Cu: Cobre; Cr: Crômio; Ni: Níquel; Zn: Zinco; Co: Cobalto; Fe: Ferro; Mn: Manganês; Ba: Bário; N_T: Nitrogênio total; pH: Potencial hidrogeniônico; MO: Matéria orgânica; COT: Carbono orgânico total; ST: Sólidos Totais e SV: Sólidos Voláteis.

Fonte: Do autor (2022).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, sendo 2 tratamentos e 9 unidades amostrais de cada tratamento. O critério para a formação dos blocos foi o tipo do composto. As variáveis analisadas de desempenho, parâmetros químicos foram submetidos ao teste t de Student para dados independentes com variâncias iguais. Os dados foram submetidos ao pacote estatístico do *software* R (2019) e foi adotado como diferença significativa um nível de significância de 5% (0,05 p-valor).

Resultados e Discussão

A composição química das fezes bovinas, das fezes caninas e da serragem de madeira utilizados no estudo são mostrados na Tabela 2. As matérias-primas continham diferentes quantidades de COT, N_T, pH e MO. As fezes bovinas e caninas foram utilizados como fonte de N, pois a serragem de madeira não possui quantidade suficiente de N para o processo de compostagem. Os valores de COT e N_T foram utilizados para determinar as proporções de matéria-prima para montagem das pilhas de compostagem, considerando a Equação 1.

Tabela 2 – Composição química do esterco bovino fresco, do esterco canino fresco e da serragem de madeira utilizado nos ensaios.

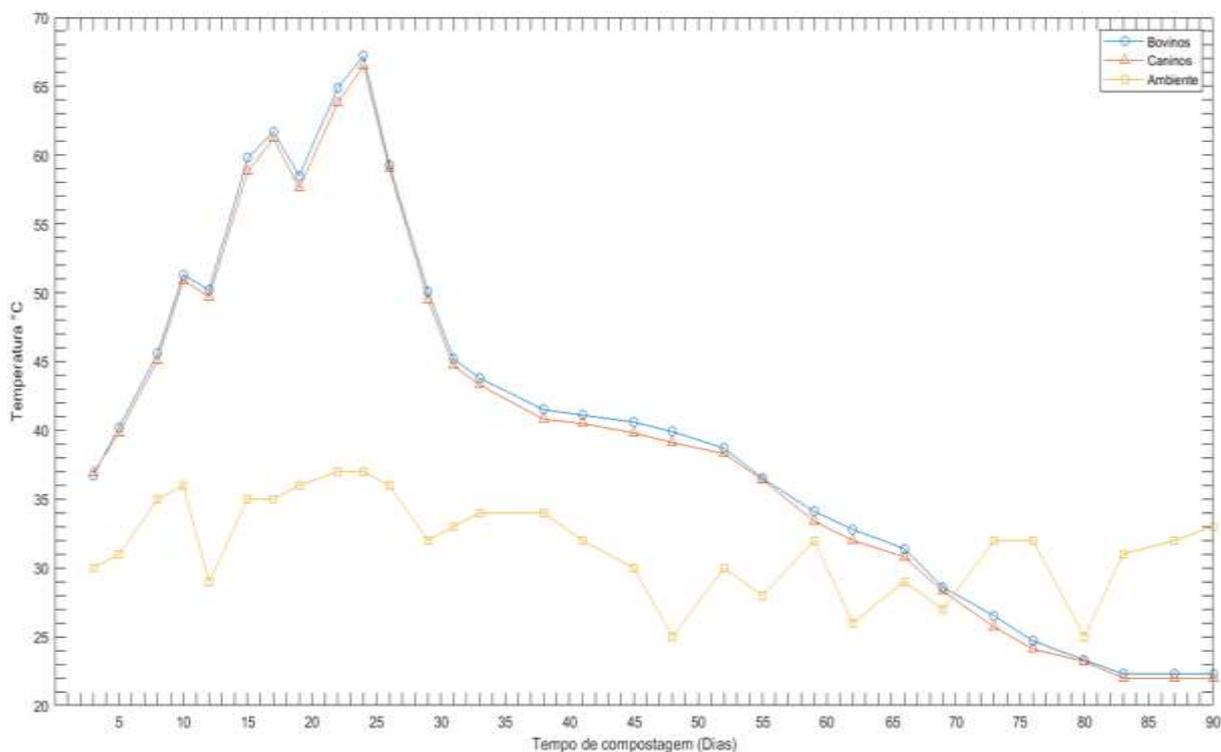
Parâmetros	Fezes Bovinas	Fezes Caninas	Serragem de Madeira
MO (%)	80,00	78,00	93,50
pH	7,10	6,80	5,40
COT (%)	48,80	46,50	48,76
N _T (%)	1,92	1,85	0,06
COT/N _T	25	25	813

MO: Matéria Orgânica; pH: Potencial hidrogeniônico; COT: Carbono orgânico total; N_T: Nitrogênio total.

Fonte: Do autor (2022).

A Figura 2 ilustra as médias dos perfis de temperatura das leiras revelando a evolução dos compostos e mostrando a conclusão de todas as fases da compostagem: mesofílica, termofílica e de maturação. A fase mesofílica foi caracterizada pelo aumento da temperatura de 26,6 a 45,6°C para bovinos e de 26,6 a 45,1°C para caninos, os compostos permaneceram nesse estágio por 8 dias, sugerindo assim uma rápida colonização de populações microbianas mesofílicas, que requer temperaturas entre 30 e 45°C (OMAR *et al.*, 2015). Nesta etapa, os valores de temperatura presentes nos compostos orgânicos atingem esses valores devido a oxidação da matéria orgânica, que ocorre à liberação e acúmulo de moléculas de ácido orgânico produzidos pela expansão das colônias de microrganismos mesófilos (BARGOUGUI *et al.*, 2020; ONWOSI *et al.*, 2017). Chang *et al.*, (2006) afirmam que este grupo de microrganismos faz uso do carbono disponível para obter energia e liberar de CO₂, água e calor, e consequentemente elevar a temperatura.

Figura 2 – Perfis de temperatura de misturas de fezes bovinas e serragem de madeira, fezes caninas e serragem de madeira e ambiente em um período de 90 dias.



Os pontos de dados são as médias de nove réplicas, três em cada leira. Médias não diferem significativamente entre si, pelo teste de t de Student (5%).

Fonte: Do autor (2022).

Posteriormente, os compostos entraram no estágio termofílico, acima de 45°C, como resultado da energia liberada durante o catabolismo dos microrganismos (WESTERHOLM *et al.*, 2018). A fase termofílica durou 23 dias para ambos os tratamentos. A temperatura máxima atingida por cada tratamento foi de 67,2°C para bovinos e 66,5°C para caninos (Figura 1), sugerindo assim que a taxa de degradação e as comunidades microbianas presentes em cada material composto variava (WANG *et al.*, 2015). De fato, Katheem *et al.*, (2015) expuseram que a faixa mais favorável para a decomposição da matéria orgânica é de 52 a 60°C e as temperaturas acima de 55°C são essenciais para destruir microrganismos patogênicos.

Os valores máximos de temperatura da fase termofílica presentes nos compostos orgânicos atingem seus maiores valores durante o processo de compostagem, como constatado por Ge *et al.*, (2020) devido ao tamanho das composteiras, pois segundo Gershuny e Martin (2018) apontam que as composteiras não podem ser menores que 1m³ para atingir esta fase.

Da mesma forma, temperaturas máximas acima de 50°C durante a fase termofílica de compostagem foram observadas por Jalili *et al.*, (2019) e Chen *et al.*, (2017) com processo de compostagem com esterco de gado e de galinha poedeira, respectivamente. O aumento da

temperatura durante o processo de compostagem é consequência do metabolismo de decomposição microbiana sendo considerado um parâmetro de eficiência do processo de degradação, desde que a temperatura seja controlada.

A partir do dia 33 de compostagem (Figura 2), a evolução da temperatura apresentou uma queda que prevê a entrada do processo na fase de maturação. A conversão e biodegradação da matéria orgânica durante as duas fases anteriores enriqueceu a leira em matéria mineral estável e higiênica o que reduziu a atividade microbiológica e conseqüentemente, a diminuição da temperatura da pilha (BELAQZIZ *et al.*, 2016). De acordo com os resultados apresentados na Figura 1, esta diminuição da temperatura foi nítida do dia 60 até o dia 83, quando as temperaturas das leiras se tornaram estáveis.

Nos dois experimentos não foi possível notar particularidades nas atividades da temperatura. No experimento com esterco bovino a temperatura média foi de 40,9°C e no experimento com esterco canino foi de 40,4°C, sendo possível observar que o parâmetro temperatura para ambos os compostos não se diferenciaram estatisticamente entre si, tendo o P-valor de 0,881.

Como os compostos permaneceram em temperaturas entre 50 e 60°C por mais de três dias, a temperatura contribuiu para a higienização, sanitização do produto final e também, conforme Yuan *et al.*, (2016); Wang *et al.*, (2015); Zhang e Sun, (2014), para inibição de microrganismos patogênicos.

A Tabela 3 apresenta os valores médios, desvio padrão e P-valor das análises dos parâmetros químicos realizadas nos compostos e os padrões para comercialização, na intenção de uma possível comercialização destes compostos e um alto potencial de aproveitamento de nutrientes.

Tabela 3 – Parâmetros químicos selecionados dos compostos finais de esterco bovino e canino, ambos com serragem de madeira.

Parâmetros	Composto Bovino	Composto Canino	P-valor	CONAMA 375/2006 (máx.)	IN 25/2009 (mín.)
MO (%)	65±1,25	64±1,24	0,128	-	-
pH	8,44±0,07	8,32±0,14	0,060	-	6,5
COT (%)	32,22±1,44	29,39±2,64	0,060	-	15
N _T (%)	2,15±0,04	1,77±0,03	0,131	-	0,5
COT/N _T	15±0,79	17±1,64	0,137	-	20
SV/ST	0,20±0,03	0,22±0,02	0,241	0,7	-
P (%)	1,94±0,02	1,98±0,16	0,386	-	1
K(%)	1,97±0,18	1,84±0,09	0,076	-	1
Na (%)	0,14±0,02	0,12±0,02	0,097	-	-
S (%)	1,21±0,01	1,23±0,01	0,056	-	1
Ca (%)	3,55±0,31	3,82±0,12	0,036	-	1
Mg (%)	1,34±0,04	1,35±0,01	0,862	-	1
B (%)	0,0452±0,0026	0,0435±0,0002	0,078	-	0,03
Co (%)	0,0053±0,0023	0,0052±0,0002	0,870	-	0,005
Fe (%)	0,22±0,04	0,22±0,03	0,799	-	0,2
Mn (%)	0,075±0,008	0,069±0,003	0,082	-	0,05

Valores médios ± desvio padrão (n = 9). MO: Matéria orgânica; pH: Potencial hidrogeniônico; COT: Carbono orgânico total; N_T: Nitrogênio total; SV/ST: Sólidos Voláteis/Sólidos Total; P: Fósforo; K: Potássio; Na: Sódio; S: Enxofre; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; B: Boro; Co: Cobalto; Fe: Ferro; Mn: Manganês. Máx: Máximo; Mín: Mínimo. IN: Instrução Normativa; CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente. Médias seguidas da mesma linha não diferem significativamente entre si, pelo teste de t de Student (5%).

Fonte: Do autor (2022).

Os valores do pH (Tabela 3) alcançaram a alcalinidade durante o processo de compostagem apresentado neste trabalho, atingindo os valores de 8,44 para bovinos e 8,32 para caninos no estágio de maturação do composto (levemente alcalinos). Nestes resultados não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os compostos bovinos e caninos ao final do processo de compostagem, P-valor = 0,060. Esses valores são semelhantes aos encontrados por Ge *et al.* (2020) que apresentou pH dos compostos entre 7 e 8,5 e, portanto, ambas pesquisas estão dentro da faixa de pH ideal para crescimento microbiano de 7 á 9

(ONWOSI *et al.* 2017; LILI *et al.*, 2013). Isto é evidenciado pela longa fase mesofílica, que indica boas condições para a atividade microbiana.

Os valores de pH presentes nos compostos orgânicos atingem seus maiores valores ao final do processo de compostagem, como constatado por Pisa *et al.*, (2020) e Jalili *et al.*, (2019), devido a mineralização dos compostos ácidos em amônia. Li *et al.*, 2018b afirmam que o aumento do pH é a ocorrência da humificação para transformar sais e ácidos orgânicos em húmus. Abid e Sayadi, (2006) confirmam que o aumento dos valores de pH indica uma boa qualidade do composto.

Martínez-Sabater *et al.*, (2019) pesquisaram compostos de fezes caninas, consequentemente, também notaram uma redução inicial do pH e logo em seguida uma elevação para 7,68. De acordo com estudos anteriores, o pH dos compostos obtidos de fezes de cães estava perto da neutralidade, devido à alta salinidade e teor de nutrientes (NEMIROFF e PATTERSON, 2007).

Os materiais utilizados na compostagem são ricos em MO (Tabela 2), que é identificado como uma mistura de material orgânico e inorgânico e representa uma fonte potencial de nutrientes para a agricultura. Os valores médio de MO presentes nos compostos orgânicos (Tabela 3) atingem valores de 65% para bovinos e de 64% para cães ao final do processo de compostagem, como constatado por Idrovo-Novillo *et al.* (2018) e Martínez-Sabater *et al.*, (2019), devido ao aumento das perdas de MO durante a fase bio-oxidativa (fase mesofílica e termofílica) em ambas as pilhas, correspondendo aos maiores valores de temperatura e à máxima atividade microbiana, resultando na mineralização da MO.

Observou-se também que o percentual médio de MO ao final das compostagens (Tabela 3) foram maiores do que os limites estabelecidos para compostagem pelas diretrizes europeias (MO deve ser maior que 15% (COMISSÃO EUROPEIA, 2014; PAREDES *et al.*, 2015)). Foi constatado que os valores médio de MO presentes nas matérias-primas orgânicas (Tabela 2) diminuíram significativamente durante os processos de compostagem, como constatado por Bernal *et al.*, (2009), como consequência da mineralização da MO por microrganismos, resultando nos valores apresentados (Tabela 3) e, revelando que não houve diferença significativa entre os compostos com relação a MO, com P-valor de 0,128.

Segundo Cerda *et al.* (2018) a análise da relação COT/N_T no composto é um dos muitos indicadores relativos à estabilidade e fornece informações sobre o grau e maturidade do composto. Os valores médios apresentados da relação COT/N_T neste trabalho (Tabela 3) indicam uma boa mineralização da MO durante o processo (LV *et al.*, 2018). Na compostagem com fezes bovinas (15/1), essa proporção foi menor, pois, neste caso, houve uma concentração maior de N_T no composto final em relação ao experimento com fezes caninas (17/1), observando assim, que não houve diferenças estatísticas significativas entre o composto bovino e o composto canino, para relação COT/N_T, COT e N_T, ao final do processo de compostagem, obtendo P-valor de 0,137; 0,060 e 0,131 respectivamente.

Ambos valores da relação COT/N_T (Tabela 3) presentes nos compostos orgânicos atingem seu valor ideal ao final do processo de compostagem, como constatado por Pisa *et al.*, (2020); Jalili *et al.*, (2019) e Martínez-Sabater *et al.*, (2019), devido a presença de compostos orgânicos facilmente degradáveis acompanhados de alta atividade microbiana, resultando na diminuição geral na porcentagem do C, que indica a redução da matéria orgânica no composto. E também devido a perda de massa seca das pilhas em termos de CO₂ e pela evaporação da água durante a mineralização da MO, resultando em um aumento na concentração de N, o que esta relacionado com a rápida degradação da MO, devido à intensa atividade microbiana (LI *et al.*, 2020; CHAARI *et al.*, 2014).

Os dois compostos estudados apresentaram relação COT/N_T média inferior a 20, que segundo Ravindran *et al.*, (2016) pode ser tomado como um indicativo de composto maduro. No entanto, Bernal *et al.*, (2017) alertam que a relação COT/N_T sozinha tem um uso limitado como indicador de maturidade, uma vez que a relação COT/N_T dos resíduos de compostagem podem variar.

De acordo com Dhaliwal *et al.*, (2021) os macro e micronutrientes são substâncias que participam do metabolismo das plantas e do solo. Os valores médios de macro e micronutrientes presentes nos compostos orgânicos (Tabela 3) atingem valores ideais ao final do processo de compostagem, como constatado por Pisa *et al.*, (2020); Silva *et al.*, (2020) e Jalili *et al.*, (2019), que observaram um aumento nas concentrações de Ca, K, Mg, Na e P, devido à redução do conteúdo de MO e COT, restando os componentes inorgânicos, portanto, reduzindo o volume do composto, o que influencia diretamente na concentração de nutrientes.

Todos os parâmetros químicos apresentados na Tabela 3, exceto o Ca, não foram observados diferenças estatísticas significativas entre os compostos ao final do processo de compostagem. Por outro lado, o parâmetro Ca apresentou uma diferença estatística significativa, observada no período final do processo, expondo o P-valor = 0,036. Segundo Martínez-Sabater *et al.*, (2019); Araújo *et al.*, (2018) e Buff *et al.*, (2014) a presença de alta concentração de Ca no composto dos cães é proveniente da ração utilizada na alimentação, devido a elevada quantidade de iodato de cálcio e propionato de cálcio para prevenção de doenças relacionadas a falta de cálcio.

Silva *et al.*, (2020) e Jalili *et al.*, (2019) também constataram que os valores médios de metais presentes nos compostos orgânicos (Tabela 3 e 4) atingem valores ideais ao final do processo de compostagem. Eles observaram uma diminuição nas concentrações de Cu, Fe, Mn e Zn, devido ao processo de humificação dos resíduos e a lixiviação desses metais durante a compostagem. A Tabela 4 apresenta os valores médios, desvio padrão e P-valor das análises dos parâmetros dos metais realizadas nos compostos e os padrões para comercialização.

Tabela 4 – Metais selecionados dos compostos finais de esterco bovino e canino, ambos com serragem de madeira.

Parâmetros	Composto Bovino	Composto Canino	P-valor	CONAMA 375/2006 (máx.)	IN 25/2009 (mín.)	IN 27/2006 (máx.)
Cd (mg/kg)	0,29±0,03	0,26±0,04	0,095	39	-	3
Pb (mg/kg)	2,52±0,64	2,47±0,47	0,858	300	-	150
Cu (mg/kg)	28,16±6,14	26,30±1,49	0,418	1500	500	-
Cr (mg/kg)	3,91±1,31	3,52±1,41	0,577	1000	-	200
Ni (mg/kg)	0,94±0,11	1,05±0,21	0,176	420	50	70
Zn (mg/kg)	76,39±9,66	258,80±8,44	1,67. 10 ⁻¹⁷	2800	1000	-
Ba (mg/kg)	22,07±2,64	23,82±1,99	0,154	1300	-	-

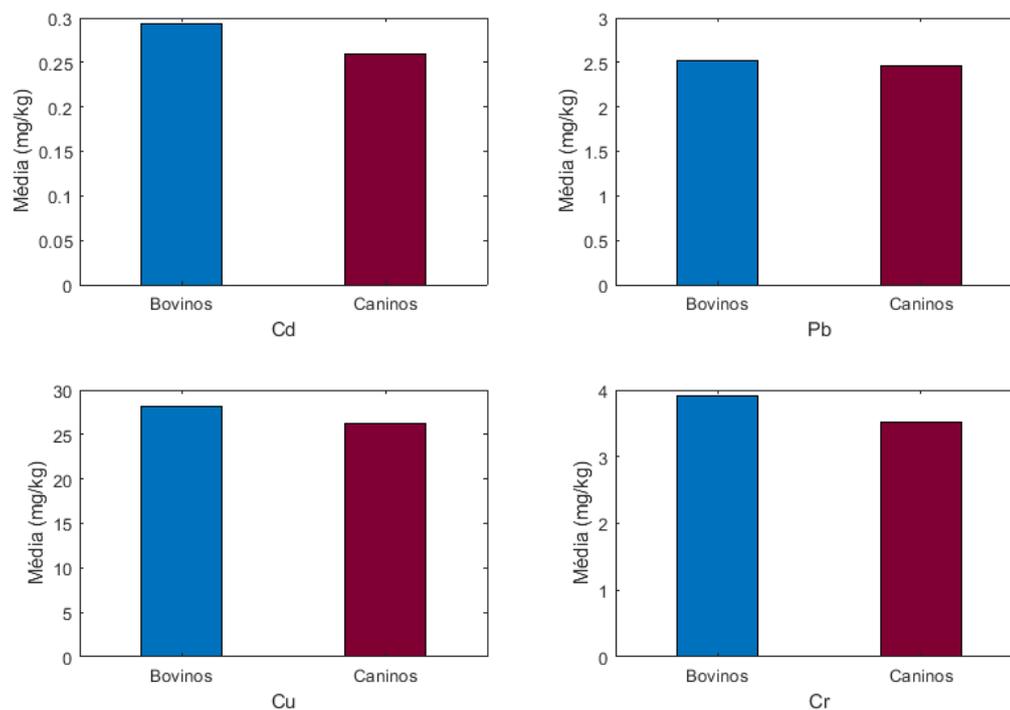
Cd: Cádmio; Pb: Chumbo; Cu: Cobre; Cr: Cromo; Ni: Níquel; Zn: Zinco e Ba: Bário. Máx: Máximo; Mín: Mínimo. IN: Instrução Normativa; CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente. Médias seguidas da mesma linha não diferem significativamente entre si, pelo teste de t de Student (5%).

Fonte: Do autor (2022).

Todos os parâmetros dos metais apresentados na Tabela 4, exceto o Zn, não foram observados diferenças estatísticas significativas entre os compostos ao final do processo de compostagem. Por outro lado, o parâmetro Zn apresentou uma diferença estatística

significativa, observada no período final do processo, expondo o P-valor = $1,67 \times 10^{-17}$. Segundo Martínez-Sabater *et al.*, (2019) verifica-se na Figura 3b que a concentração de Zn no composto canino apresenta um risco potencial maior de contaminação do que comparado ao composto bovino. A presença de alta concentração de Zn no composto dos cães é proveniente da ração utilizada na alimentação, no entanto, as concentrações médias de metais como observadas (Figura 3a e 3b), não há impedimento da utilização do composto obtido no solo, mas sugere controle e monitoramento do solo de destino, conforme o padrão em kg/ha da Resolução do CONAMA nº 375 (BRASIL, 2006) sobre reuso de lodo de estações de tratamento de esgotos humanos.

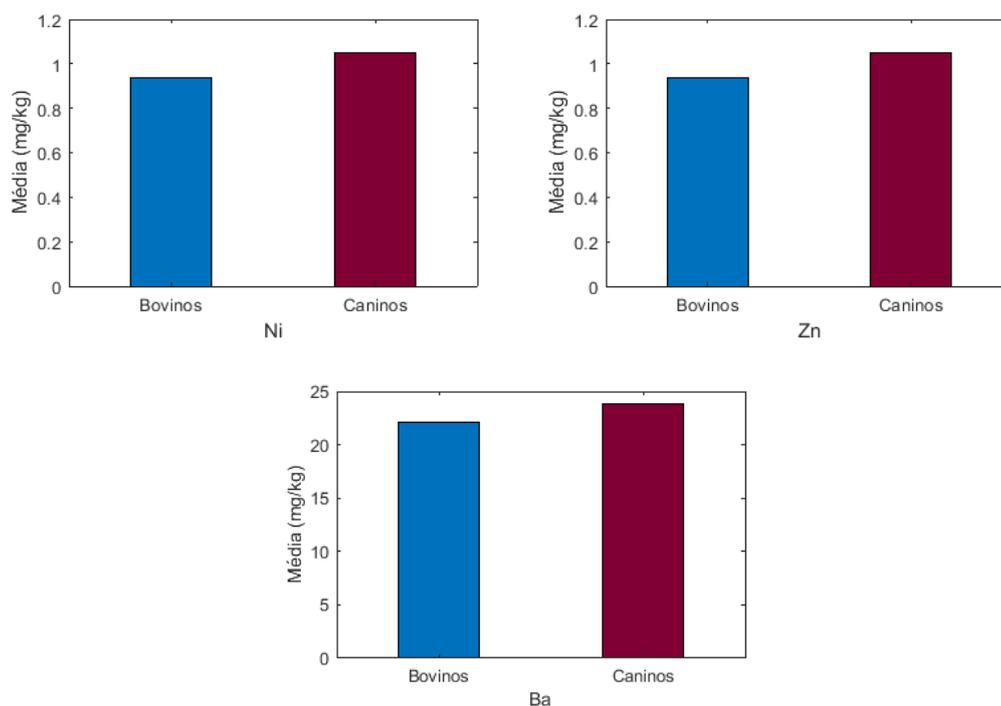
Figura 3a – Médias do parâmetro metais selecionados dos compostos finais de esterco bovino e canino, ambos com serragem de madeira.



Cd: Cádmio; Pb: Chumbo; Cu: Cobre; Cr: Cromo. Médias seguidas da mesma linha não diferem significativamente entre si, pelo teste de t de Student (5%).

Fonte: Do autor (2022).

Figura 3b – Médias do parâmetro metais selecionados dos compostos finais de esterco bovino e canino, ambos com serragem de madeira.



Ni: Níquel; Zn: Zinco e Ba: Bário. Médias seguidas da mesma linha não diferem significativamente entre si, pelo teste de t de Student (5%).

Fonte: Do autor (2022).

Os metais apresentaram baixa concentração em ambos os compostos estudados e, portanto, mostraram baixo risco de toxicidade (SHARMA *et al.*, 2018). Para Silva *et al.*, (2020) quanto mais diversificados os macro, micronutrientes e metais, melhor para o desenvolvimento da planta e para fertilidade do solo. Esses nutrientes dos compostos são liberados lentamente, realizando a “adubação de disponibilidade controlada”, que permite o aumento de microrganismos desejáveis (RIZZO *et al.*, 2022).

Conforme CONAMA nº 375/2006 para fins de utilização agrícola, o lodo de esgoto ou produto derivado será considerado estável se a relação entre SV e ST for inferior a 0,70. O valor da relação entre SV e ST encontrado para o composto bovino foi de 0,20 e para o canino foi de 0,22 (Tabela 3). Neste resultado não foi observado diferença estatística significativa entre os composto bovino e canino ao final do processo de compostagem, P-valor = 0,241, portanto, os valores obtidos estão de acordo com a norma permitida.

Vários parâmetros foram avaliados para monitorar a qualidade e maturidade dos compostos. De acordo com as Instruções Normativas nº 25/2009 e 27/2006, especificando e definindo condicionadores orgânicos, os compostos preparados podem ser especificados como compostos orgânicos. De fato, a comparação com os padrões, a composição de minerais e fertilizantes confirmaram o efeito benéfico deste produto como fertilizante orgânico.

Portanto, ambos os compostos estão aptos a serem utilizados como fertilizante orgânico, pois apresentam características semelhantes, segundo este estudo, mas o composto canino apresenta um risco potencial maior de contaminação do que o composto bovino, devido as concentrações médios de Ca e Zn. Assim, os dois compostos podem ser utilizados na agricultura, porém com verificação de controle e monitoramento para esses parâmetros.

Conclusão

A compostagem passou por transformações e se tornou uma grande cadeia produtiva de fertilizantes orgânicos. Contudo, para proporcionar elevada produção faz-se necessário a adoção de medidas que proporcionem maior eficiência nos sistemas produtivos.

No presente estudo os compostos caninos e bovinos apresentaram valores finais de relação $COT/N_T < 20$, aspecto que indica a estabilização e humificação da MO e as concentrações de macro e micronutrientes encontram-se acima do mínimo exigido em normas brasileiras para comercialização como composto orgânico e não apresentaram diferença significativa. Ambos os compostos apresentaram características adequadas para fins agrícolas.

Porém, esperava-se que todos os metais interferissem positivamente ao final da compostagem, assim como Cd; Pb; Cu; Cr; Ni e Ba, os quais não se diferiram entre os t compostos. Portanto, é necessário realizar um monitoramento periódico de metais no solo de destino, principalmente o Zn, observando-se as restrições discriminadas na legislação ambiental.

Visando controlar o uso indiscriminado de fertilizantes químicos na produção agrícola, vários países estão se adaptando as novas formas de adubação orgânica. A comparação entre os compostos orgânicos para utilização como fertilizantes orgânicos apresentou eficiente. Todavia, analisando o cenário atual observa-se a necessidade de substituir os fertilizantes químicos por outros adubos que não sejam nocivos ao meio ambiente.

Portanto, além de garantir a biossegurança e a saúde o sistema de compostagem, contribui com a reciclagem de resíduos de origem animal, bem como com a sustentabilidade econômica. Assim sendo, mais estudos sobre compostagem de resíduos de origem animal devem ser realizados.

Sugestão de Trabalho Futuro

Em um próximo trabalho serão realizadas análises microbiológicas de ambos os compostos e a aplicação dos compostos em mudas de café Arábico para verificar o desenvolvimento e crescimento das plantas e fertilidade do solo.

Referências

ABID, N., SAYADI, S. Detrimental effects of olive mill wastewater on the composting process of agricultural wastes. **Waste Manag.**, v.26, n.10, p.1099-1107, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.06.015>.

ANDRADE, J.C.; DE ABREU, M.F. **Análise Química de Resíduos Sólidos para Monitoramento e Estudos Agroambientais**, Editora IAC, Campinas, 2006, 178 p.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA - AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WEF - WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th. ed. Washington. D.C.: APHA/AWWA/WEF, 2005.

ARAÚJO, I.C.S. *et al.* Efeito do tipo de alimentação de cães saudáveis sobre análises clínicas e aspectos comportamentais. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.70, n.3, p.689-698, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9558>.

AYILARA, Modupe *et al.* Waste Management through Composting: challenges and potentials. **Sustainability**, South Africa, v. 12, n. 11, p. 4456-4479, 30 maio 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su12114456>.

BARGOUGUI, L., GUERGUEB, Z., CHAIEB, M. *et al.* Co-composting of Olive Industry Wastes with Poultry Manure and Evaluation of the Obtained Compost Maturity. **Waste Biomass Valor.** v.11, p.6235-6247, 2020. <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00901-9>.

BELAQZIZ M., EL-ABBASSI A., LAKHAL E.K., AGRAFIOTI E., GALANAKIS C.M. Agronomic application of olive mill wastewater: Effects on maize production and soil properties. **J Environ Manage.**, v.171, p.158-165, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02.006>.

BERNAL, M.P.; SOMMER, S.G.; CHADWICK, D.; QUING, C.; GUOXUE, L.; MICHEL JR., F.C. Current approaches and future trends in compost quality criteria for agronomic, environmental, and human health benefits. **Adv. Agron.** v.5, p.143-233, 2017. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.03.002>.

BERNAL, M.P.; ALBURQUERQUE, J.A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: a review. **Bioresour. Technol.** v.100, n. 22, p.5444–5453, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 1, nº142, p.20-24, jul. 2009a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 375, 29 de agosto de 2006. **Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.** Brasília: DOU, 2006. p.141-146. (Seção 1, nº 167, de 30 de agosto 2006).

BRASIL. Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA). Instrução Normativa nº 27, de 05 de junho de 2006. Dispõe sobre os fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes, que para serem produzidos, importados ou comercializados, deverão atender aos limites estabelecidos nos Anexos I, II, III, IV e V desta Instrução Normativa no que se refere às concentrações máximas

admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, jun. 2006.

BUFF, P. R. *et al.* Natural pet food: A review of natural diets and their impact on canine and feline physiology. **Journal of Animal Science**, v.92, i.9, p.3781–3791, 2014. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7789>.

CERDA, Alejandra *et al.* Composting of food wastes: status and challenges. **Bioresource Technology**, Barcelona, v. 248, p. 57-67, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.133>.

CHAARI, L., ELLOUMI, N., MMSEDDI, S., GARGOUGRI, K., BENROUINA, B., MECHICHI, T., KALLEL, M. Effects of olive mill wastewater on soil nutrients availability. **Int. J. Interdiscip. Multidiscip. Stud.**, v.2, n.1, p.175-183, 2014.

CHANG, J.I., TSAI, J.J., WU, K.H. Composting of vegetable waste. 24. **Waste management & research**, v.24, n.4, p. 354-362, 2006. <https://doi.org/10.1177/0734242X06065727>.

CHEN, W., *et al.* Effects of different types of biochar on methane and ammonia mitigation during layer manure composting. **Waste Management**, v., p.506-515, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.014>.

DADRASNIA, A., *et al.* Sustainable nutrient recovery from animal manure: A review of current best practice technology and the potential for freeze concentration. **Journal of Cleaner Production**, v. 315, 128106, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128106>.

DHALIWAL, Salwinder Singh *et al.* Chapter 7 - Improving soil micronutrient availability under organic farming. Editor(s): Vijay Singh Meena, Sunita Kumari Meena, Amitava Rakshit, Johnson Stanley, Cherukumalli Srinivasarao. **Advances in Organic Farming**. Woodhead Publishing, p.93-114, 2021. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822358-1.00002-X>.

DÜRR, S.; DHAND, N.; BOMBARA, C.; MOLLOY, S.; WARD, M. What influences the home range size of free-roaming domestic dogs? **Epidemiology and Infection**, v.145, n.7, p.1339-1350, 2017. <http://dx.doi.org/10.1017/S095026881700022X>.

EUROPEAN COMMISSION. **End-of-waste Criteria for Biodegradable Waste Subjected to Biological Treatment** (Compost and Digestate): Technical Proposals., 2014.

GAVILANES-TERÁN, I.; JARA-SAMANIEGO, J.; IDROVO-NOVILLO, J.; BUSTAMANTE, M.A.; MORAL, R.; PAREDES, C. Windrow composting as horticultural waste management strategy – a case study in Ecuador. **Waste Manag.** v.48, p.127-134, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.026>.

GE, Mianshen *et al.* Effect of aeration rates on enzymatic activity and bacterial community succession during cattle manure composting. **Bioresource Technology**, China, v. 304, n. 122928, p. 1-10, may 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122928>.

GERSHUNY, Grace; MARTIN, Deborah L. **The Rodale Book of Composting, Newly Revised and Updated: Simple Methods to Improve Your Soil, Recycle Waste, Grow Healthier Plants, and Create an Earth-Friendly Garden.** 3 ed. Rodale Books, Pennsylvania, 2018.

GOLDIN, A. Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.18, n.10, p.1111-1116, Oct. 1987.

GOMES, T. C. de A., *et al.* **Preparo de Composto Orgânico na Pequena Propriedade Rural.** Instruções Técnicas da Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE, v.53, ISSN 1415-5095, EMBRAPA, 2001.

HARDER, R.; WIELEMAKER, R.; LARSEN, T. A.; ZEEMAN, G.; ÖBERG, G. Recycling nutrients contained in human excreta to agriculture: Pathways, processes, and products. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v.49, n.8, p.695-743, 2019. <https://doi.org/10.1080/10643389.2018.1558889>.

IDROVO-NOVILLO, J.; GAVILANES-TERÁN, I.; BUSTAMANTE, M.A.; PAREDES, C. Composting as a method to recycle renewable plant resources back to the ornamental plant industry: agronomic and economic assessment of composts. **Process Saf. Environ.** v.116, p.388-395, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.03.012>.

JALILI, MAHROKH *et al.* Toxicity evaluation and management of co-composting pistachio wastes combined with cattle manure and municipal sewage sludge. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, Yazd, Iran, v.171, p.798-804, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.01.056>.

KATHEEM, S., KIYASUDEEN, M.H., IBRAHIM, S., QUAIK, S., ISMAIL, A. **Prospects of Organic Waste Management and the Significance of Earthworms**. Springer, Berlin, 2015.

LI, Y., LIU, Y., YONG, X., WU, X., JIA, H., WONG, J.W., WU, H., ZHOU, J. Odor emission and microbial community succession during biogas residue composting covered with a molecular membrane. **Bioresour. Technol.**, v.297, 122518, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122518>.

LI, Y., LUO, W.H., LI, G.X., WANG, K., GONG, X.Y. Performance of phosphogypsum and alcium magnesium phosphate fertilizer for nitrogen conservation in pig manure composting. **Bioresour. Technol.**, v.250, p.53-59, 2018b. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.172>.

LILI, B.; TIE-JUN, Y.; BIN, W.; LIN, B.; DE-GUI, T.; XIANG-CHAO, F. Evaluation and comparison of composting rabbit manure mixed with mushroom residue and rice straw. **J. Agric. Sci. Technol.** v. 15, p.1069-1081, 2013.

LV, B., XING, M., YANG, J. Exploring the effects of earthworms on bacterial profiles during vermicomposting process of sewage sludge and cattle dung with high-throughput sequencing. **J. Environ. Sci. Pollut. Res.** v.25, p.12528-12537, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1520-6>.

MARTÍNEZ-SABATER, E. *et al.* Comprehensive management of dog faeces: composting versus anaerobic digestion. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 250, p. 109437-109443, 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109437>.

MARTINS, J. D. L. *et al.* Cattle manure, fertilizer, inoculants both singly and in combination on growth performance in the common bean. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, n. 4, p. 369-376, 2015. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i4.2583>.

MASSEI, G.; FOOKS, A.R.; HORTON, D.L.; CALLABY, R.; SHARMA, K.; DHAKAL, I.P.; DAHAL, U. Free-Roaming Dogs in Nepal: Demographics, Health and Public Knowledge, Attitudes and Practices. **Zoonoses Public Health**, v.64, n.1, p.29-40, 2017. <https://doi.org/10.1111/zph.12280>.

MENG, X., LIU, B., XI, C., LUO, X., YUAN, X., WANG, X., ZHU, W., WANG, H., CUI, Z. Effect of pig manure on the chemical composition and microbial diversity during cocomposting

with spent mushroom substrate and rice husks. **Bioresour. Technol.** v.251, p.22–30, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.077>.

NEMIROFF, L., PATTERSON, J. Design, testing and implementation of a large-scale urban dog waste composting program. **Compost Sci. Util.**, v.15, p.237-242, 2007.

OKIN, Gregory S. Environmental impacts of food consumption by dogs and cats. **Plos One**, [S.L.], v. 12, n. 8, p. 0181301-0181315, 2 ago. 2017. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0181301>.

OMAR, L., OSUMANU, H.A., KASSIM, S., NIK MUHAMAD, M. Compost maturity and nitrogen availability by co-composting of paddy husk and chicken manure amended with clinoptilolite zeolite. **Waste Management and Research**, v.33, n.4, p.322-331, 2015. <https://doi.org/10.1177/0734242X15576771>.

ONWOSI, C. O. *et al.* Composting technology in waste stabilization: on the methods, challenges and future prospects. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 190, p. 140-157, abr. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.051>.

PAREDES, C.; PÉREZ-MURCIA, M.D.; PÉREZ-ESPINOSA, A.; BUSTAMANTE, M.A.; MORENO-CASELLES, J. Recycling of two-phase olive-mill cake “alperujo” by co-composting with animal manures. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** v.46, n.1, p.238-247, 2015. <https://doi.org/10.1080/00103624.2014.989022>.

PISA, C.; WUTA, M.; MUCHAONYERWA, P. Effects of incorporation of vermiculite on carbon and nitrogen retention and concentration of other nutrients during composting of cattle manure. **Bioresource Technology Reports**, South Africa, v. 9, p. 100383-100393, fev. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biteb.2020.100383>.

RAVINDRAN, B.; WONG, J.W.C.; SELVAM, A.; SEKARAN, G. Influence of microbial diversity and plant growth hormones in compost and vermicompost from fermented tannery waste. **Bioresour. Technol.** v.217, p.200-204, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.03.032>.

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

RIZZO, P. F. *et al.* Integral approach for the evaluation of poultry manure, compost, and digestate: Amendment characterization, mineralization, and effects on soil and intensive crops. **Waste Management**, Buenos Aires, Argentina, v.139, p.124–135, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.017>.

SÁNCHEZ, Ó. J.; OSPINA, D. A.; MONTOYA, S. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. **Waste Management**, [S.L.], v. 69, p. 136-153, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.012>.

SHARMA, D., YADAV, K.D., KUMAR, S. Role of sawdust and cow dung on compost maturity during rotary drum composting of flower waste. **Bioresour. Technol.**, v.264, p.285-289, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.05.091>.

SILVA, Cristiano Edinger Marques da; QUEVEDO, Daniela Müller de; JAHNO, Vanusca Dalosto. Evaluation of the vermicomposting of *Acacia mearnsii* De Wild bark bagasse with bovine manure. **Journal Of Cleaner Production**, Novo Hamburgo, Rs, Brazil, v. 264, p. 121632-121642, ago. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121632>.

TAN, M. *et al.* Operational costs and neglect of end-users are the main barriers to improving manure treatment in intensive livestock farms. **Journal of Cleaner Production**, v. 289, p. 125-149, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125149>.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. **Microwave assisted Acid digestion of Sediments, Sludges, Soils and Oils** – Method 3050 – SW – 846, 2007. Disponível em: <http://www.epa.gov/SW-846/3051a>.

VINNERAS, B. Comparison of composting, storage and urea treatment for sanitizing of faecal matter and manure. **Bioresource Technology**, v.98, p.3317–3321, 2007.

WANG, X., CUI, H., SHI, J., ZHAO, X., ZHAO, Y., WEI, Z. Relationship between bacterial diversity and environmental parameters during composting of different raw materials. **Bioresour. Technol.**, v.198, p.395-402, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.09.041>.

WESTERHOLM, M., ISAKSSON, S., KARLSSON LINDSJÖ, O., SCHNÜRER, A. Microbial community adaptability to altered temperature conditions determines the potential for process optimisation in biogas production. **Appl. Energy**, v.226, p.838-848, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.06.045>.

YUAN, J., CHADWICK, D., ZHANG, D., LI, G., CHEN, S., LUO, W., DU, L., HE, S., PENG, S. Effects of aeration rate on maturity and gaseous emissions during sewage sludge composting. **Waste Manag.**, v.56, p.403-410, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.07.017>.

ZHANG, L., SUN, X. Changes in physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage co-composting of green waste with spent mushroom compost and biochar. **Bioresour. Technol.**, v.171, p.274-284, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.08.079>.