



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA

**Influência da aeração e estações do ano na compostagem
dos resíduos de abatedouro**

Acadêmico: Marcio Romeiro de Avila

Dourados - MS
Dezembro- 2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA

Influência da aeração e estações do ano na compostagem dos resíduos de abatedouro

Acadêmico: Marcio Romeiro de Avila
Orientadora: Ana Carolina Amorim Orrico

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do grau de bacharel em Zootecnia

Dourados – MS
Dezembro - 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

A958i Avila, Marcio Romeiro De
Influência da aeração e estação do ano na compostagem dos resíduos de abatedouro [recurso eletrônico] / Marcio Romeiro De Avila. -- 2019.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Ana Carolina Amorim Orrico .
TCC (Graduação em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2019.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. sustentabilidade. 2. reciclagem de resíduos. 3. produção animal. I. Orrico, Ana Carolina Amorim. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

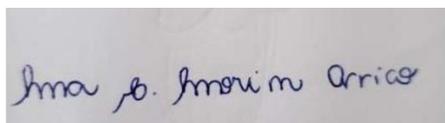
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Influência da aeração e estações do ano na compostagem dos resíduos de abatedouro

AUTOR: Marcio Romeiro De Avila

ORIENTADORA: Ana Carolina Amorim Orrico

Aprovado como parte das exigências para a obtenção do grau de bacharel em **ZOOTECNIA** pela comissão examinadora.



Prof.^a. Dr.^a. Ana Carolina Amorim Orrico
(Orientador)



Dr.^a. Alice Watta Schwingel

Brenda Kelly Viana Leite.

Mestranda no Programa de Zootecnia da UFGD
Brenda Kelly Viana Leite

Data de realização: 10 de Dezembro de 2019



Prof. Dr. Leonardo de Oliveira Seno
Presidente da comissão do TCC-Zootecnia

Agradecimento

A Deus que me sustentou até aqui, não consigo descrever como foi possível só sei que sem ele eu não estaria aqui.

Aos meus pais, Valdemar e Claudelina, pelo amor, incentivo mesmo distante sempre torcendo e vibrando a cada conquista.

Aos meus tios Ramona e Sebastião(*in memorian*), pelo apoio e amor incondicional, sem vocês nada disso seria possível.

Ao meus irmãos, que sempre estiveram ao meu lado.

Á minha prima Rutnéia pela lealdade e cumplicidade. Obrigado por sempre estar presente nas horas que eu mais precisei, por acreditar em mim, mesmo quando eu não acreditei em mim, eu te amo.

À minha orientadora, Dr^a. Ana Carolina Amorim Orrico, pela paciência, carinho e ensinamentos, obrigado por ser tão atenciosa, acreditar em mim, em um momento que me senti perdido na graduação e me ajudar a evoluir sempre. Sem seu apoio e dedicação nada disso seria possível, por ser esse exemplo de mulher, mãe, orientadora, que Deus lhe conceda saúde e que muitos outros alunos possam ter a oportunidade de conviver com você, muito obrigado.

Aos meus companheiros de pesquisa, Alice Schwingel, Juliana Oliveira, Amanda Ferreira, Isabelly Macena, Janaína Machado, Brenda Kelly , sempre os lembrarei com muito carinho.

Aos companheiros da faculdade que levarei boas lembranças, dias de estudos, provas, trabalhos e muitas risadas em especial Aline Silva, Beatriz Machado, Juliana Dias, Karen Mello e Mirelly Souza.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Meus sincero,
Muito Obrigado!

Resumo

A aeração em leiras é recomendada em função da origem e das características do material orgânico, considerando os custos de investimento e riscos biológicos de manipulação, com o intuito de promover a redução dos constituintes poluentes e alcançar um fertilizante orgânico de qualidade. Com a condução desta pesquisa objetivou avaliar a influência de aeração e das estações do ano na compostagem conduzida em leiras estáticas utilizando resíduo de abatedouro de ruminantes em associação com feno e casca de arroz. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 (com e sem aeração x estações de inverno e verão), com parcela subdividida no tempo (75 e 90 dias de compostagem) com duas repetições (leiras). As pilhas foram formadas em camadas, intercalando resíduos orgânicos e material volumoso, na proporção de 3,5:1, respectivamente, e utilizando-se células de compostagem com capacidade individual para 200 kg de matéria natural. Para a aeração das leiras foram inseridos tubos de PVC entre as camadas de resíduos, sendo estes canos perfurados ao longo do comprimento para conduzirem a aeração por todo o perfil da leira, permitindo o fluxo médio de 0,6 L.min⁻¹. Durante o desenvolvimento da compostagem foram realizados revolvimentos aos 50 e 75 dias de compostagem, finalizando o processo aos 90 dias. As temperaturas médias alcançadas pelas leiras, assim como as reduções de sólidos totais, sólidos voláteis e carbono não foram influenciadas ($p>0,05$) pelas estações ou presença de aeração, resultando em médias de 68,8, 68,3 e 71,5%, respectivamente. As perdas de N foram influenciadas ($p<0,05$) pela estação e aeração, sendo maiores durante o verão com a presença da aeração (84,6%). A compostagem apresentou desenvolvimento semelhante em ambas as estações do ano e na qualidade do composto, mas utilização da aeração não é necessária, pois o composto proveniente das leiras que não receberam aeração apresentaram melhores reduções dos constituintes sólidos, menores perdas de N.

Palavras-chave: sustentabilidade, reciclagem de resíduos, produção animal

Abstract

Windrow aeration is recommended depending on the origin and characteristics of the organic material, considering the investment costs and biological risks of handling, in order to promote the reduction of polluting constituents and achieve a quality organic fertilizer. By conducting this research, you can evaluate the influence of aeration and seasons on composition conducted in static regions using reduced ruminant residue in association with rice husks. It was used for custom casual design, in a 2 x 2 factorial scheme (with and without aeration x winter and summer seasons), with a split plot without time (75 and 90 days of composition) with two repetitions (leiras). The piles they were formed in layers, interspersing organic waste and bulky material, in the ratio of 3.5: 1, respectively, and using composition cells with individual capacity for 200 kg of natural matter. For aeration of the pylons, PVC pipes were inserted between the waste layers and these pipes were drilled along the length to conduct aeration throughout the ply profile, allowing the average flow of 0.6 L.min⁻¹. During the development of composting, revolvers were made for 50 and 75 days of composting, completing the process for 90 days. The average temperatures reached by the windrows, as well as the maximum reductions, volumes and gases were not influenced ($p > 0.05$) by the stations or presence of aeration, resulting in the averages of 68.8, 68.3 and 71, 5% respectively. The reduction of N were influenced ($p < 0.05$) by season and aeration, being larger during summer with presence of aeration (84.6%). A composition presented under development as the seasons and in the quality of the compost, but the use of aeration is not allowed, as it is a coming compound of the non-aerated windrows, which are considered better reductions of the tested components.

Keywords: sustainability, waste recycling, animal production

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	ix
INTRODUÇÃO	10
REVISÃO DE LITERATURA	11
MATERIAL E MÉTODOS.....	15
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Perspectivas das composteiras que foram construídas para a execução do experimento (vista superior e lateral, com médias, em metros (A) e vista superior (B)).	Error! Bookmark not defined.
Figura 2. Temperaturas médias do resíduo de abatedouro durante o processo de compostagem no Inverno e Verão (Sem aeração(S/A), Com aeração (C/A) e Temperatura ambiente (TA)).....	21
Figura 3. Reduções de sólidos totais do resíduo de abatedouro durante o processo de compostagem (Sem aeração(S/A) e Com aeração (C/A)).....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização da constituição inicial aos materiais volumosos utilizados para confecção das leiras nas estações de inverno e verão.	16
Tabela 2. Teores de macronutrientes inicial do material volumoso e do resíduo orgânico durante as estações do inverno e verão.	17
Tabela 3 Teores de micronutrientes inicial do material volumoso e do resíduo orgânico durante as estações do inverno e verão.	17
Tabela 4. Temperaturas termofílicas do resíduo de abatedouro durante o inverno e verão, com e sem a presença de aeração.	22
Tabela 5. Reduções de Nitrogênio, Carbono e Extrato Etéreo (%) durante as estações do inverno e verão, com e sem a presença de aeração, durante os dias de compostagem (75 e 90).....	24
Tabela 6. Teores de macronutrientes finais do material volumoso e do resíduo orgânico durante as estações do inverno e verão.	25
Tabela 7. Teores de micronutrientes inicial do material volumoso e do resíduo orgânico durante as estações do inverno e verão.	25

INTRODUÇÃO

A produção animal no Brasil é uma das atividades de maior importância econômica no Brasil, com destaque no cenário mundial, tanto pelos índices produtivos como pelos números de animais criados. Dentre os diferentes segmentos produtivos, a criação de bovinos para o abate é uma das mais relevantes, sendo que segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2017) o Brasil possui maior rebanho comercial do mundo, com aproximadamente 226 milhões de cabeça. Em relação ao número de abates, em 2018, foram abatidos em torno de 32 milhões de animais, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018). Segundo (Pacheco 2006) os resíduos resultantes do abate de bovinos são representados por conteúdos estomacais, intestinais, esterco dos currais e perdas durante o processo como carnes e sangue, em sua maioria, e alcançam em média 34,4 kg de descartes por animal. Sendo assim, contabilizando o total de animais abatidos no ano de 2018 e a geração de resíduos, poderia ser estimada a quantidade de aproximadamente 1.100 toneladas geradas no mesmo período.

Algumas técnicas são utilizadas para o uso destes resíduos, como o destino para fabricação de farinhas ou óleos, que são empregados na alimentação de não-ruminantes (Pacheco 2006). Apesar da destinação para a fabricação de farinha ser uma das principais, nem todo resíduo de abate pode ser direcionado para este fim, pois em caso de condenação da carcaça, é recomendável que os resíduos não sejam reaproveitados para a alimentação animal segundo Costa et al. (2009). Nesta situação o emprego da compostagem para reciclagem e tratamento destes resíduos é uma das opções mais recomendada, pois permitirá que o material resultante do processo de degradação, que será o composto, seja aplicado como adubo, sem efeitos negativos ao meio ambiente (Orrico et al. 2007). O direcionamento para a compostagem pode ocorrer de acordo com a disponibilidade desta alternativa na região produtora ou pelas condições de coleta destes descartes.

Apesar das características benéficas para o desenvolvimento da compostagem em pilhas formadas com os resíduos de abatedouro, existe o risco de manipulação deste material. Assim a condução da compostagem deve ser em pilhas estáticas, de forma a se evitar o contato entre homem e resíduo, no entanto, com a atenção para que seja

mantida condição de aeração das pilhas. Segundo Blazy et al. (2014) aeração é um dos parâmetros que mais influencia em relação a qualidade e emissão gasosa. Rasapoor et al. (2009) enfatizaram que se a taxa de aeração for insuficiente resultará em uma condição anaeróbia, por outro lado se a taxa de aeração for muito alta o composto dificilmente se manterá na faixa termofílica, comprometendo assim a atividade microbiana, sendo a recomendação de 0,4 até 0,9 $\text{min}^{-1} \text{kg}^{-1}$.

Em experimento conduzido por Higarashi et al. (2012) os autores observaram que a troca de calor com meio ambiente influencia a temperatura no interior das pilhas, sendo verificado que em leiras formadas por dejetos de suínos e maravalha, e conduzidas no verão e inverno, a temperatura ambiente influenciou a temperatura alcançada pelas leiras, com valores médios de $36,1 \pm 3,3^\circ\text{C}$ e $50,3 \pm 4,4^\circ\text{C}$ no inverno e no verão, respectivamente, o que resultou em diferenças no processo de degradação.

Com base no exposto, o objetivo do trabalho avaliar a influência de aeração e das estações do ano no processo de compostagem conduzida em leiras estáticas utilizando resíduo de abatedouro de ruminantes em associação com feno e casca de arroz.

REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com os dados publicados pelo IBGE (2019), no primeiro trimestre de 2019, foram abatidas 7,89 milhões de cabeças de bovinos sob algum tipo de serviço de inspeção sanitária, sendo, 1,6% superior ao primeiro trimestre de 2018, o que resultou em 1,94 milhões de toneladas de carcaça.

Existem empresas que recebem os resíduos gerados durante o abate e limpeza das carcaças responsabilizando pela reciclagem, transformando-os em farinhas de carne e ossos, de vísceras e de sangue (VC Resíduos 2018). Mas também, podem ser destinados à compostagem, já que é uma técnica simples e facilmente executada, com pequeno investimento em instalações e mão de obra para manejar as leiras.

A compostagem é um processo aeróbio de degradação biológica realizada sob condições controladas para transformar resíduos orgânicos, em produtos estáveis, com condições de retornarem ao solo como fertilizantes (Toledo et al. 2018). A compostagem inicia com a oxidação do material orgânico facilmente degradável, sendo caracterizado pela decomposição, e na sequência pela fase da estabilização, quando

ocorre a presença da humidificação do material e mineralização das moléculas que são degradadas lentamente (Diaz et al. 2007).

A presença de dois ou mais resíduos orgânicos para a formação de leiras pode otimizar a biodegradação realizada pela comunidade microbiana, já que proporcionará maior diversidade das populações em condições aeróbias. O processo exotérmico produz energia na forma de calor, resultando em aumento na temperatura da massa sendo caracterizado pelas fases mesofílica (30 – 40°C) e termofílica (acima de 40°C).

O início da decomposição dos resíduos orgânicos, na fase mesofílica, acontece devido à bactérias e microrganismos, promovendo a liberação de calor (Valente et al. 2009 e Cotta et al. 2015). Esses microrganismos são produtores de ácidos que degradam as proteínas, amidos e açúcares (Turner 2002), devido ao seu metabolismo ser exotérmico, parte do calor gerado durante a oxidação da matéria orgânica fica acumulada no interior da leira (Rodrigues et al. 2006 e Tang et al. 2002). Quando a temperatura atinge valores acima dos 40°C, a atividade microbiológica mesofílica é suprimida pela implantação da comunidade termofílica (Tiquia 2005). Com o aumento da temperatura ocorre a morte dos microrganismos mesófilos, havendo a multiplicação de actinomicetos, bactérias e fungos termófilos.

Na fase termofílica a decomposição dos compostos orgânicos é intensificada, sendo considerada a fase da degradação ativa de polissacarídeos (Pereira Neto 2007). Os lipídios e a hemicelulose são degradados pelas bactérias, enquanto que actinomicetos e fungos são responsáveis pela decomposição da celulose e lignina (Kichl 1985 e Valente et al. 2009). Conforme o carbono é consumido, a temperatura diminui gradualmente, até se igualar à temperatura ambiente. Nessa fase surgem novamente as comunidades mesófilas, que irão atuar na humificação do composto por meio da degradação de compostos mais resistentes, como a celulose e lignina (Tuomela et al. 2000 e Cotta et al. 2015).

Comumente a compostagem é empregada para os dejetos de animais e muitos trabalhos científicos já foram conduzidos a partir destes resíduos (Millner et al. 2014 e, Gu et al. 2017 e Janczak et al. 2017). Já os resíduos originados com o processamento de animais, restos de abate, possuem em sua composição constituinte como gorduras, carnes, ossos e sangue, que, se direcionados corretamente em sistemas de compostagem poderão resultar em produtos (compostos) de excelente qualidade. Estes resíduos possuem condições desejáveis para a proliferação acelerada de microrganismos patogênicos, além da formação de elevadas quantidades de gases tóxicos no início do

processo de degradação, sendo assim inviabilizado o revolvimento das pilhas de compostagem contendo este material.

No ambiente em compostagem muitos fatores influenciam a velocidade e a intensidade da degradação do material orgânico, como citados por Diaz et al. (2002), sendo eles: temperatura, teor de umidade, pH, aeração, relação C:N, tamanho de partícula e conteúdo de nutrientes. A disponibilidade de oxigênio nas pilhas de compostagem, segundo Bertoldi et al. (1983), garante seu uso para a respiração dos microrganismos e para oxidação de substâncias orgânicas, permitindo que o processo de degradação ocorra de forma acelerada, desde que mantidas as demais condições necessárias para manutenção dos microrganismos aeróbios envolvidos. Dentre todas estas variáveis a umidade e o balanço de nutrientes disponíveis atuam de maneira essencial para que as reações de digestão resultem na formação de CO₂ e calor, que determinarão a eficiência deste processo na redução de constituintes orgânicos e patógenos, respectivamente.

Para que a atividade microbiana aeróbia não seja comprometida é importante que o aporte de oxigênio ocorra a todo momento e em todas as regiões da massa enleirada. Segundo Blazy et al. (2014) a injeção de ar atmosférico de forma controlada pode melhorar esta disponibilidade, proporcionando a ocorrência maximizada de atividade microbiana, controle de temperatura e umidade, colaborando também com redução de tempo da massa em compostagem. A forma mais usual para a aeração das leiras de compostagem consiste no revolvimento periódico, de forma mecânica ou manual dos resíduos empilhados, promovendo assim a possibilidade de contato entre o manipulador e o material em compostagem, o que pode representar riscos sanitários e ambientais. Nem todos os resíduos a serem compostados permitem a manipulação seja por conterem microrganismos patogênicos ou liberarem gases que podem ser prejudiciais à saúde, como a amônia.

A adequada aeração também permitirá o controle da temperatura das leiras e remoção do excesso de umidade e CO₂, além de manter o fornecimento de O₂ para os processos biológicos Bernal et al. (2009). Conforme Silva e Yatawara (2017), a adequada aeração depende da estrutura dos resíduos brutos e do mecanismo de suprimento de ar, para que não ocorra deficiência de oxigênio no interior da leira e assim menor geração de calor. Assim, as recomendações de fluxo de ar podem variar, pois Czekala et al. (2016) mencionaram que a taxa de aeração inicial deve fornecer em média 2 L.min⁻¹ e deve ser reajustada com o tempo decorrido no processo de

compostagem, no intuito de manter a concentração mínima de O_2 , enquanto que Kazemiet al. (2017) recomendaram uma taxa de $0,3 \text{ L.min}^{-1}.\text{Kg}^{-1}$ para o fornecimento do fluxo de ar.

Em leiras estáticas, as pilhas formadas no início do processo devem ser mantidas pelo máximo de tempo possível sem revolvimentos, no entanto, é importante que não ocorram perdas na eficiência de degradação pela restrição de oxigênio no seu interior, sendo um parâmetro de monitoramento a temperatura alcançada neste período. Em experimento conduzido por Orrico Jr. et al. (2010) foram compostados carcaças de aves, que eram resíduos que apresentavam em sua composição principalmente sangue, músculos e ossos, em associação com cama de frango. Estes resíduos foram mantidos sem revolvimentos por 60 dias, sendo este período considerado necessário para a manipulação do produto pré-compostado com segurança e então, efetuado revolvimento e formadas novas leiras, que foram revolvidas periodicamente e mantidas em compostagem por mais 60 dias. Os autores verificaram reduções de massa de sólidos totais de 48,6% e consideram o processo efetivo na redução de coliformes, sobretudo pela manutenção da temperatura acima de 50°C por 27 dias consecutivos, no entanto, salientaram as elevadas perdas de nitrogênio, que poderiam ter melhorado a qualidade do fertilizante orgânico, se preservadas.

Como já mencionado, os diferentes métodos de aeração das leiras são indicados em função da origem e das características dos resíduos, custo de investimento e de operações, tempo para alcançar a maturação e disponibilidade de área, no entanto, esta escolha pode afetar diretamente a retenção ou perda de nitrogênio no processo (Rasapooret al. 2016). De acordo com Chen et al. (2015), perdas de nitrogênio ocorrem, principalmente, por meio da volatilização de alguns compostos orgânicos durante o período de compostagem, sendo a taxa de aeração juntamente com o suprimento de oxigênio na massa enleirada, importantes para a biodegradação, amonificação e nitrificação (Guardia et al. 2008).

Bernal et al. (2009) relataram que os principais fatores que condicionam a volatilização da amônia durante a compostagem estão presentes nas reações que envolvem a formação de NH_4^+ , sua despronação para a formação de NH_3 , a conversão de amônia em solução no composto para amônia gasosa e a transferência dessa para a atmosfera. (Barrington et al. 2002) também notaram a importância do tamanho de partícula sendo um fator que afeta a disponibilidade de carbono e, dessa forma, a imobilização de nitrogênio para os microrganismos durante a compostagem.

Avaliando diferentes métodos de aeração e a junção de dois deles, Rasapoor et al. (2016) investigaram a eficiência do processo de compostagem em leiras estáticas e a relação entre aeração e perdas de nitrogênio. Os autores observaram aumento acentuado de temperatura no início do processo, com três leiras atingindo mais de 70 °C e somente o tratamento com ventilação natural (VN) não conseguiu alcançar esta temperatura, mas permaneceu por período maior em fase termofílica. A aeração forçada (AF), por meio de injeção de ar em tubos de PVC, manteve a temperatura acima de 45 °C por quase 70 dias e, posteriormente, diminuiu de maneira gradual, já a VN, aeração por revolvimento mecânico (RM) e a junção de VN com ar mantiveram temperaturas em faixa termofílica por mais tempo, o que resultou em maiores perdas nitrogênio, já que houve 52,8% de perda utilizando AF, 61% tanto com RM quanto com VN e perda de 56% para o tratamento com RM junto com VN.

A compostagem é um processo aeróbio de degradação biológica realizado sob condições controladas para transformar resíduos orgânicos, resultando em um composto orgânico estável e sanitizado. Kim et al. (2011) e Elagroudy et al. (2011) relataram que a compostagem é capaz de reduzir os impactos ambientais e proporcionar vantagens econômicas. Como por exemplo, os fertilizantes atuam de forma indireta para melhorar a estrutura do solo e aumentar sua matéria orgânica, além de fornecer nutrientes e favorecer o crescimento das plantas (Paredes et al. 2005).

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na área Experimental e no Laboratório de Manejo dos Resíduos Agropecuário, ambos pertencentes à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada no município de Dourados-MS, Brasil (latitude 22°11'38''S, longitude 54°55'49''W e 462 m de altitude). Segundo a classificação climática de Köppen o clima da região é Cwa – Clima mesotérmico úmido, com verões quente e invernos secos; durante o período do desenvolvimento da compostagem no inverno sendo iniciado no mês de junho e finalizado em setembro a média da temperatura ambiente foi de 21,3°C. Já durante o desenvolvimento da compostagem no verão foi iniciada em dezembro e finalizada em março a média da temperatura ambiente foi de 31,3°C.

Os resíduos compostados foram provenientes de descartes de abatedouros de ruminantes, sendo os descartes de abate de ovino coletados na Universidade Federal da

Grande Dourados e os bovinos cedidos por frigorífico comercial localizado no município de Ivinhema-MS.

Para condução do experimento foi adotado o Delineamento Inteiramente Casualizado em esquema fatorial 2 x 2, representado pela aeração (com e sem) e conduzido em duas estações do ano (inverno e verão), com parcela subdividida no tempo, que foi representado pelos dias de revolvimento (50, 75 e 90) e com 2 repetições (leiras).

O material absorvente foi composto por feno de gramínea do gênero *Cynodon Dactylons* de baixa qualidade moído e casca de arroz, na proporção de 80:20, respectivamente. A casca de arroz associada com o feno no intuito de formar uma camada que proporcionasse melhor vedação e assim impossibilitasse a passagem de exsudados da compostagem e conseqüentemente, a formação de chorume. A proporção entre resíduo orgânico e material absorvente foi de 3,5:1.

Os descartes de abatedouro foram colocados de forma íntegra no interior das leiras, sendo compostos por: cabeças, patas, pelames, trato gastrointestinal, aparelhos respiratório e reprodutivo de bovinos e ovinos. As leiras de compostagem foram confeccionadas em ambas estações priorizando o mínimo de tempo entre a montagem da primeira em relação à última e seus resíduos foram coletados uma única vez para cada estação. Na Tabela 1 está apresentada a composição química dos resíduos utilizados na montagem das leiras experimentais nas estações de inverno e verão. Nas Tabelas 2 e 3 estão apresentadas as composições de macro e micronutrientes dos resíduos utilizados para formação das leiras.

Tabela 1. Caracterização da constituição inicial aos materiais volumosos utilizados para confecção das leiras nas estações de inverno e verão.

	pH	ST (%)	SV (%)	C (%)	N (%)	EE (%)
Feno	-	90,00	94,25	41,09	0,47	0,60
Casca de Arroz	-	88,50	82,00	34,32	0,39	0,58
Resíduo de abatedouro						
Inverno	6,92	45,33	94,77	41,45	4,88	11,17
Verão	6,48	39,55	72,99	43,88	6,79	41,92

. ST=sólidos totais, SV=sólidos voláteis e EE= extrato etéreo.

Tabela 2. Teores de macronutrientes inicial do material volumoso e do resíduo orgânico durante as estações do inverno e verão.

	P	K	Ca	Mg	S	Na
	g Kg ⁻¹					
Feno	0,82	2,21	3,95	1,77	0,39	0,38
Casca de arroz	0,58	3,02	0,65	0,43	0,37	0,41
Resíduo de abatedouro						
Inverno	8,64	9,61	4,75	0,92	4,49	7,36
Verão	7,76	8,35	2,18	0,74	5,41	5,76

Tabela 3 Teores de micronutrientes inicial do material volumoso e do resíduo orgânico durante as estações do inverno e verão.

	Zn	Mn	Fe	Cu	Bu
	mg.Kg-1				
Feno	26,4	96,51	214,08	1,7	1,84
Casca de arroz	19,81	129,15	113,27	2,77	1,95
Resíduo de abatedouro					
Inverno	142,11	45,76	541,96	48,91	5,81
Verão	83,16	13,97	356,43	10,25	1,92

As leiras foram formadas em camadas, utilizando a proporção descrita de resíduos orgânicos e material absorvente. Os cuidados na formação das leiras foram os seguintes: a base e a cobertura das pilhas foram sempre de material absorvente; na primeira camada, a casca de arroz foi acondicionada na parte inferior da base (em contato com a composteira) vedando melhor o fundo, sendo então seguida pelo feno moído e o resíduo orgânico; já nas camadas seguintes a casca de arroz foi colocada em contato com o resíduo da camada formada abaixo dela, auxiliando na vedação da camada superior; e ainda, foram formadas camadas com aproximadamente 5 cm de espessura dos resíduos orgânicos permitindo assim maior contato e um ambiente de digestão mais homogêneo entre este resíduo e o material absorvente. Todas as células de compostagem foram formadas e mantidas no interior de uma casa de vegetação, protegidas da exposição direta ao sol e a chuva.

Na formação das leiras que receberam aeração foram inseridos tubos de PVC com diâmetro de 50 mm entre as camadas de resíduos formadas, sendo estes canos

perfurados ao longo do comprimento para que pudessem conduzir a aeração por todo o perfil da leira. Estes canos foram distribuídos na horizontal, acompanhando a profundidade da célula, com distância de 25 cm da base para o primeiro cano e 55 cm da base para o segundo cano, sendo estes dois canos interligados na parte frontal da composteira em uma única entrada, que foi acoplada a um motor tipo soprador de ar, permitindo assim a injeção de ar atmosférico por 15 minutos diários com fluxo médio de $0,6 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$.

As células de compostagem foram construídas com madeira vazada nos lados, fundo, frente e piso da composteira e tiveram as seguintes dimensões: $0,85 \times 0,50$ e $1,20$ m de altura, largura e profundidade, respectivamente (Figura 1).

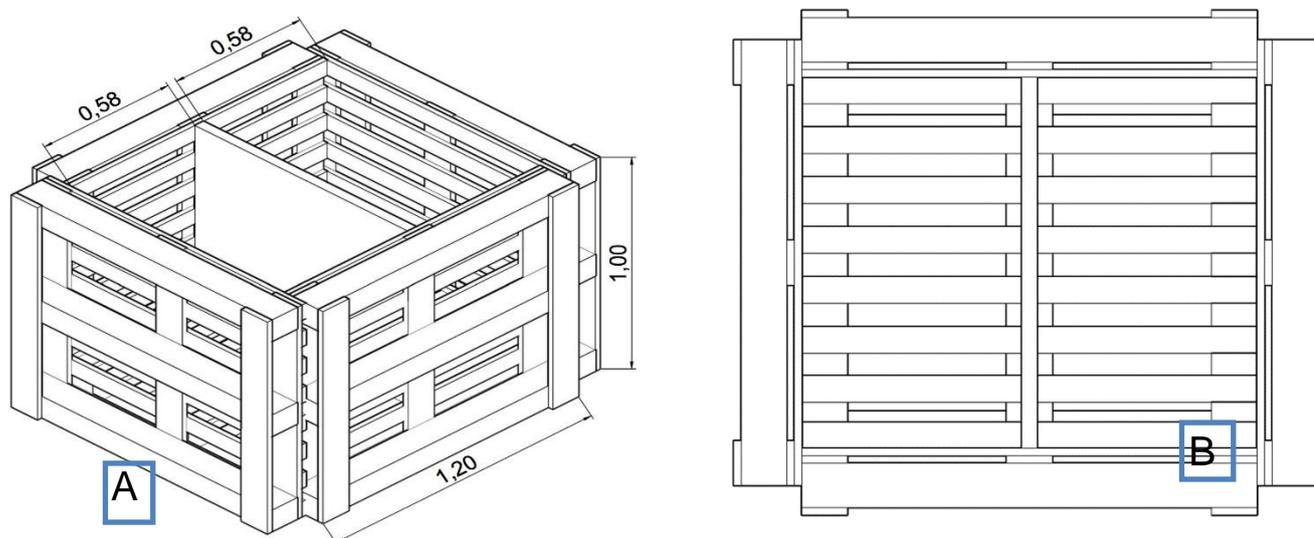


Figura 1. Perspectivas das composteiras que foram construídas para a execução do experimento (vista superior e lateral, com médias, em metros (A) e vista superior (B)).

A capacidade estimada de cada célula foi para 200 kg de material, compreendendo os resíduos orgânicos e o material absorvente. Cada célula de compostagem foi revestida internamente com sombrite ® permitindo que o material enleirado não fosse perdido pelas frestas entre as lâminas de madeira.

O período total de compostagem foi de 90 dias, ocorrendo um revolvimento aos 50 e outro aos 75 dias do processo, sendo que para o revolvimento, todo o material do

interior da leira foi retirado e acondicionado sobre lona plástica para homogeneização e adequação do teor de umidade, e posteriormente foi devolvido na composteira. A temperatura no interior de cada leira foi mensurada diariamente com auxílio de termômetro do tipo espeto em 10 pontos distintos e distribuídos aleatoriamente entre a base, o centro e o topo da leira para compor dessa maneira a média da temperatura.

Nos revolvimentos foram coletadas amostras para avaliação da degradação dos constituintes orgânicos e qualidade do composto formado. As amostras iniciais foram secas por liofilização e as de 50, 75 e 90 dias em estufa de ventilação forçada. Durante os 90 dias de compostagem foram avaliadas as condições de umidade das leiras, elegendo-se aleatoriamente pontos para a coleta de amostras no perfil, e determinando os ST, para que fossem acrescentadas pequenas quantidades de água (evitando assim a formação de chorume) e se mantivesse a umidade dentro da faixa de 40 a 60%. A compostagem foi finalizada quando as temperaturas das leiras se mantiveram na condição do ambiente, as degradações de sólidos se estabilizaram e os teores de C mantiveram as concentrações constantes, sendo então as leiras pesadas, homogeneizadas e amostradas para a caracterização final do composto.

No material inicial, aos 50, 75 e 90 dias de compostagem foram determinados os ST, sólidos voláteis (SV) e extrato etéreo (EE). A qualidade do material inicial foi realizada pela quantificação dos teores de macrominerais (P, K, Ca, Mg, S e Na, Tabela 2) e microminerais (Zn, Mn, Fe, Cu e B, Tabela 3),

Os teores de ST e SV foram mensurados de acordo com a metodologia descrita por Apha (2005), e os teores de EE foram determinados de acordo com o método de Randall (INCT-CA G-005/1), descrito por Detmann et al. (2012).

Os resultados foram submetidos à análise de variância considerando-se como fontes de variação: o uso ou não de aeração, as estações do ano e os tempos de compostagem e ainda, a interação dos mesmos, testados à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, utilizando o pacote computacional R (versão 3.1.0 for Windows).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando todo o período de compostagem, a média de temperatura foi de 50°C, não sofrendo influência da estação do ano ou aeração ($p>0,05$). Este comportamento possivelmente esteja associado a composição inicial desse resíduo, sobretudo, pela presença de sangue, músculos e vísceras, que foram substratos prontamente disponíveis para o ataque microbiano, resultando inclusive em temperaturas superiores a 60 °C nos primeiros 40 dias de compostagem.

A elevada capacidade de degradação na massa em compostagem formado pelos descartes de abatedouro pôde ser visualizada desde o início da compostagem. De acordo com a Resolução CONAMA n° 481/2017 para sistemas abertos de compostagem é necessário manter temperaturas superiores à 55 °C durante 14 dias para que o material compostado seja sanitizado. Observa-se que tanto na estação de inverno como a de verão as leiras alcançaram temperaturas acima de 60 °C em ambas as leiras, ocorrendo uma persistência da a faixa termofílica, nas duas estações por mais de 30 dias consecutivos (Figura 2). As leiras que não receberam aeração em comparação com as que receberam apresentaram temperaturas médias com maior oscilação entre os dias de compostagem (Figura 2). As temperaturas termofílicas apresentaram média de 57 °C no inverno e duração de 63 dias e no verão média de 55°C com permanência de 61 dias (Tabela 4).

Com os revolvimentos realizados aos 50 e 75 dias de compostagem ocorreram novos aumentos das temperaturas das leiras, alcançando a média de 68,7 °C aos 51 dias e 63,8 °C aos 76 dias, caracterizando efeito benéfico da maior oferta de oxigênio no meio e da mistura de diferentes porções das leiras, que associado ao aumento de umidade pela adição de água, proporcionaram melhores condições para os microrganismos na degradação, dessa forma, observa-se que a duração da fase termofílica (Tabela 4) para os tratamentos estudados foram superiores ao tempo exigido pela Resolução, demonstrando maiores condições para sanitização do material.

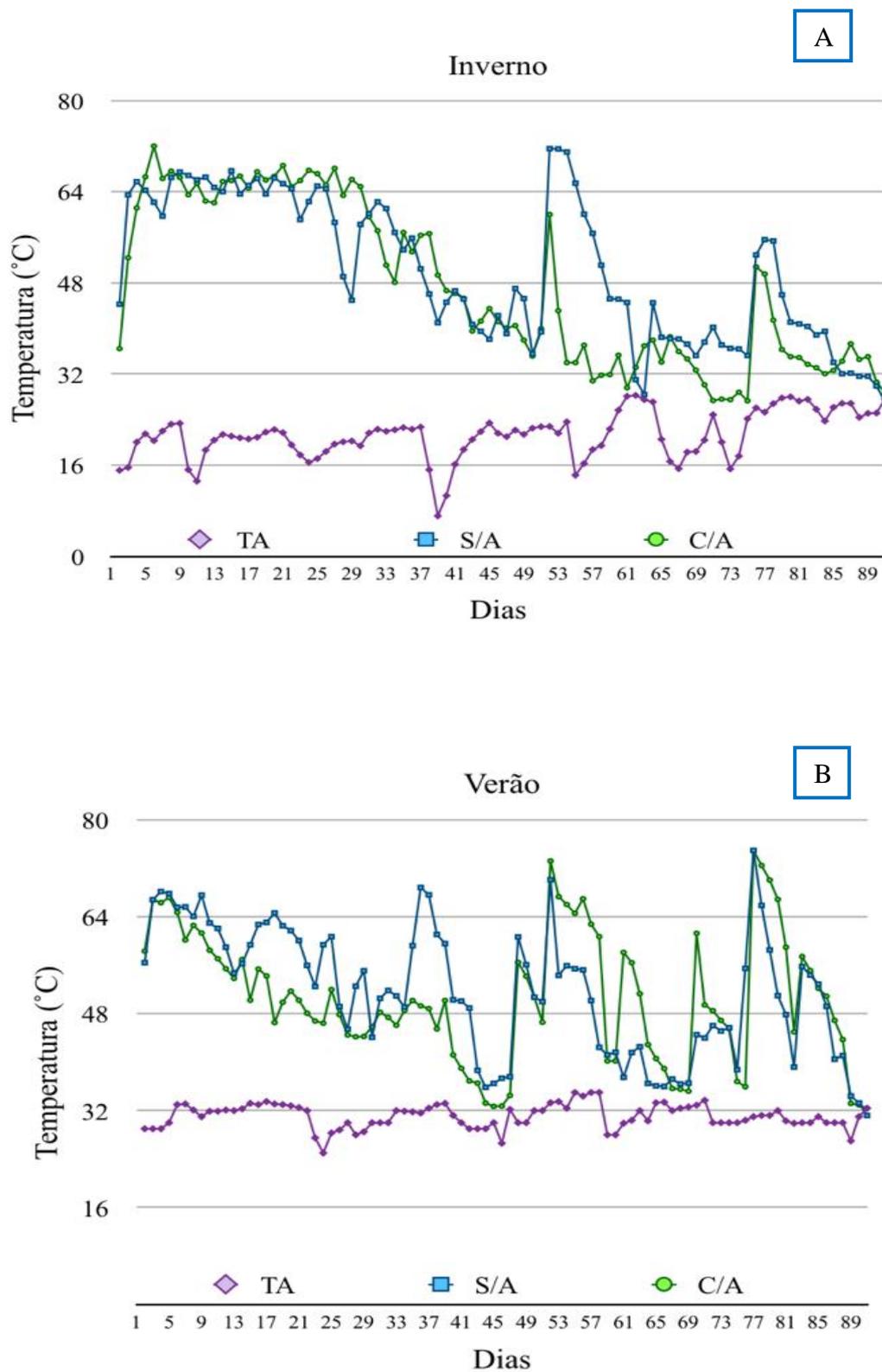


Figura 1. Temperaturas médias do resíduo de abatedouro durante o processo de compostagem no Inverno e Verão (Sem aeração (S/A), Com aeração (C/A) e Temperatura ambiente (TA)).

Tabela 4. Temperaturas termofílicas do resíduo de abatedouro durante o inverno e verão, com e sem a presença de aeração.

Aeração	Estação	Duração da fase Termofílica (dias)	Temperatura (°C) máxima da compostagem e (dia)		Média da temperatura (°C)
			0 – 50	50 – 75	
Com	Inv	54	74,2 (5)	61,2 (51)	36,3
	Ver	61	68,8 (4)	73,9 (51)	37,0
Sem	Inv	71	67,0 (3)	74,4 (53)	39,3
	Ver	60	68,1 (3)	73,7 (51)	49,2

Aeração com: leiras que receberam aeração no fluxo de 0,6 L.min⁻¹ por 10 min.dia⁻¹. Aeração sem: leiras sem aeração. Estações: Inv (inverno), Ver (verão).

A duração da temperatura termofílica durante a compostagem provavelmente auxiliou as reduções dos constituintes orgânicos. As reduções de ST (Figura 3) não foram influenciadas ($p>0,05$) pela estação do ano com média de 64,6%; mas a ausência da aeração possibilitou maior redução ($p<0,05$) em relação às que receberam, apresentando médias de 67,9% e 61,3%, respectivamente. É possível que a presença da aeração tenha facilitado uma maior perda da umidade no interior das leiras, restringindo a atividade dos microrganismos.

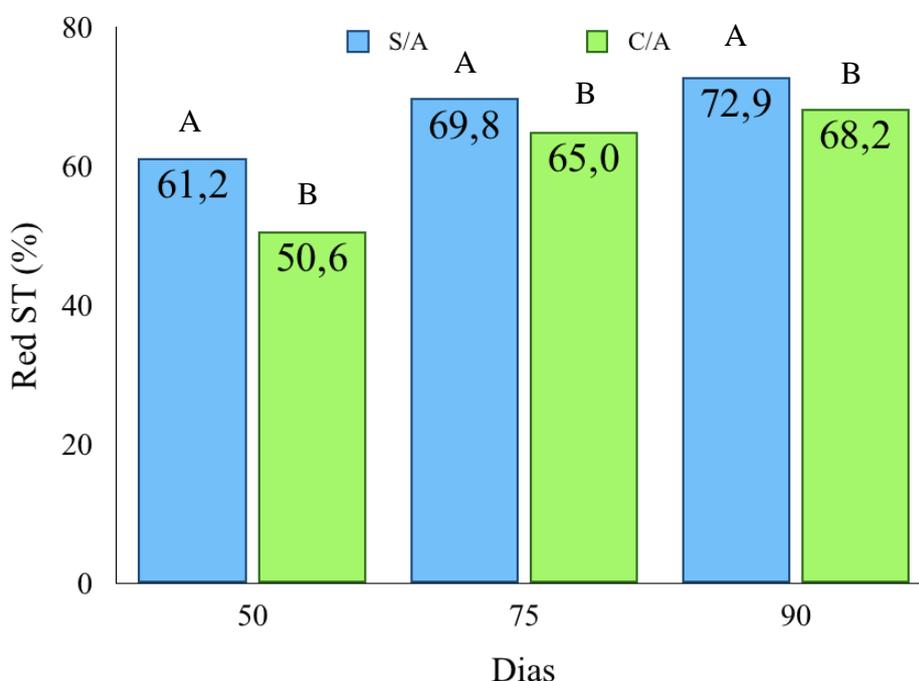


Figura 2. Reduções de sólidos totais do resíduo de abatedouro durante o processo de compostagem (Sem aeração (S/A) e Com aeração (C/A)).

Assim como verificado para as reduções dos constituintes orgânicos de ST (Figura 3) considerando todo o período de compostagem, não foram influenciadas ($p>0,05$) pelas estações do ano ou presença de aeração, apresentando média de 68,3%. De Silva & Yatawara (2017) revelaram que a emissão de diferentes gases como CO_2 e CH_4 durante o processo pode ser a razão para a redução dos constituintes voláteis com o tempo, o mesmo foi observado por Ahmed et al. (2010) em que a porcentagem de sólidos voláteis no final do experimento diminuiu.

É possível que a presença de aeração natural pode ter facilitado a atividade dos microrganismo, e que o material utilizado para formação das pilhas como o volumoso tenha favorecido o aporte de oxigênio nas leiras, principalmente na condição sem aeração. Blazyet al. (2014) relataram que o consumo de oxigênio esta correlacionado com tamanho das partículas, pois ao avaliarem o efeito do tamanho de lascas de madeira em leiras de compostagem, verificaram que na condição experimental onde as lascas eram maiores, ocorreu maior retenção de oxigênio no interior das pilhas.

As maiores perdas de nitrogênio ($p<0,05$) ocorreram durante o verão (81,8%) e na presença de aeração (79,9%) (Tabela 5). A permanência de aproximadamente 62 dias com temperaturas acima dos 50 °C com o alcance de picos de 70 °C, associadas ao pH e relação C:N inicial (Tabela 1) provavelmente resultou em uma condição que favoreceu a volatilização de nitrogênio na forma de amônia no início da compostagem.

As reduções de carbono (Tabela 5) não foram influenciadas ($p>0,05$) durante todo o período pelas estações do ano ou presença de aeração, apresentando média de 71,5%. Devido a diversidade dos nutrientes presente no descarte de abatedouro (Tabela 1), principalmente a quantidade de extrato etéreo, provavelmente tenha facilitado o crescimento da população microbiana. Do mesmo modo, as temperaturas observadas no interior das leiras nos primeiros dias e a persistência na fase termofílica, provavelmente são consequências da atividade microbiana em resposta do consumo do carbono disponível.

Durante a compostagem desenvolvida em todo o período a redução de extrato etéreo ($p>0,05$) durante as estações do ano ou a presença da aeração apresentaram média de 70,4% (Tabela 5). As concentrações de EE aos 90 dias foram reduzidas em ($p>0,05$) 70,0% no inverno e 70,8% no verão, alcançando teores de 4,4 e 6,9% de EE no inverno e verão, respectivamente. É possível observar (Figura 2) que durante o inverno as temperaturas demonstram um comportamento mais homogêneo, sem muitas oscilações diárias, no entanto, esse comportamento não foi observado no verão.

Contudo, as reduções dos teores de gordura durante as estações possivelmente foram altas devido a permanência da temperatura no interior da leira em se manter elevadas, provavelmente a umidade, população microbiana e temperatura ambiente foram fatores que auxiliaram nessa redução.

Tabela 5. Reduções de Nitrogênio, Carbono e Extrato Etéreo (%) durante as estações do inverno e verão, com e sem a presença de aeração, durante os dias de compostagem (75 e 90).

Estação	Reduções de C (%)		Reduções de N (%)		Reduções de EE (%)	
	75 dias	90 dias	75 dias	90 dias	75 dias	90 dias
Inverno						
Com	65,9	70,4	75,1Xyz	75,9XyZ	56,4z	77,1Z
Sem	70,6	74,4	59,3xyz	63,8xyZ	64,9z	81,5Z
Verão						
Com	70,3	73,6	84,1XYz	84,6XYZ	71,7z	84,3Z
Sem	70,9	76,1	79,1 xYZ	79,2xYZ	53,2z	74,1Z

Com Aeração: leiras que receberam aeração no fluxo de 0,6 /min⁻¹ por 15 min/dia. EE= Extrato Etéreo. A letra x comparar efeito de aeração (na coluna), a y de estação (na coluna) e a z de dias de compostagem (na linha). Médias seguidas da mesma letra, se minúsculas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

No decorrer da compostagem as concentrações de EE foram reduzidas acentuadamente, alcançando 0,65% para composto aos 90 dias, no inverno e 4,80% de EE para o composto obtido no verão. Os valores encontrados no trabalho foram semelhantes de Fan et al. (2018), demonstrando que a compostagem é uma forma eficaz para tratar resíduos que contenham em sua composição altos teores de gordura.

Entretanto a composição inicial dos descartes de abatedouro possivelmente possibilitou que seus compostos gerados contivessem ampla variedade de nutrientes, que são essenciais ao crescimento vegetal.

Entre eles estão presentes os macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) (Tabela 6) e micronutrientes (ferro, boro, cloro, cobre, zinco e manganês) (Tabela 7). Observando-se que, com exceção do N, todos os nutrientes sofreram acréscimo em seus teores durante o processo de compostagem. O padrão crescente de P e K (tabela 6) pode ser atribuído ao efeito de concentração devido a perda de constituintes orgânicos Rasapooret al. (2016), possivelmente não ocorrer a lixiviação durante o processo da compostagem beneficiou o acréscimo dos macro e microminerais.

Tabela 6. Teores de macronutrientes finais do composto orgânico durante as estações do inverno e verão.

Aeração	P	K	Ca	Mg	S	Na
	g.Kg ⁻¹					
Inverno						
Com	5,1	22,6	6,3	3	6,2	5,8
Sem	5,5	12,6	6,1	3,1	4,2	6,6
Verão						
Com	4,2	8,9	6,6	2,9	2,9	4,2
Sem	4,4	8,1	6,6	2,8	2,8	4,0

Tabela 7. Teores de micronutrientes finais do composto orgânico durante as estações do inverno e verão.

Aeração	Zn	Mn	Fe	Cu	B
	g.Kg ⁻¹				
Inverno					
Com	91,8	161,9	670,2	10,3	9,8
Sem	73,6	189,3	1039,5	9,8	8,5
Verão					
Com	69,8	158,8	1208,8	9,3	7,8
Sem	69	146,5	970,6	9,4	6,7

CONCLUSÃO

A compostagem em leiras estáticas é indicado para o tratamento do resíduo gerado no abatedouros de bovinos, entretando não há necessidade de investimento em aeração durante nas diferentes estações do ano, pois o composto proveniente das leiras que não receberam aeração apresentaram melhores reduções dos contituíntes sólidos e menores perdas de N.

REFERÊNCIAS

AHMED, M.A.M., ANASARY, M.Y.E.I., AWAD, M.A., AFIFY, M.T. A network design for forcing air to produce compost. **Biol. Eng**, v.27 (2), 718–136, 2010.

AHN, H.K.; RICHARD, T.L.; CHOI, H.L. Mass and thermal balance during composting of a poultry manure: wood shavings mixture at different aeration rates. **Process Biochemistry**, v.42(2), p.215–223, 2007.

ARCO – **Associação Brasileira de criadores de ovinos**. [2019]. Disponível em: <<http://www.arcoovinos.com.br/index.php/mn-imprensa/mn-noticias/239-frigorifico-gaucha-de-abate-de-ovinos-adere-ao-sisbi>>. Acessado em: dezembro 02, 2019.

ARSLAN, E.I.; UNLU, A.; TOPAL, M. Determination of the effect of aeration rate on composting of vegetable-fruit wastes. **Clean-Soil Air Water**, v.39(11), p.1014–1021, 2011.

BHATIA, A., MADAN, S., SAHOO, J., ALI, M., PATHANIA, R., KAZMI, A.A. Diversity of bacterial isolates during full scale rotary drum composting. **Waste Management**, v.33, p.1595–1601, 2013.

BLASY, V.; DE-GUARDIA, A.; BENOIST, J.C.; DAUMOIN, M.; LEMASLE, M.; WOLBERT, D.; BARRINGTON, S. Process conditions influence on pig slaughter house compost quality under forced aeration. **Waste Biomass Valor**, v.5, p.451-468, 2014.

BARRINGTON, S., CHOINIERE, D., TRIGUI, M., KNIGHT, W. Compost airflow resistance. **Biosystems Engineering**, v.81 (4), p.433–441, 2002.

BERNAL, M.P., ALBUQUERQUE, J.A., MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology**, v.100, p.5444-5453, 2009.

BERTOLDI, M.D.; VALLINI, G.; PERA, A. The biology of composting: a review. **Waste Management**, v.1, p.157-176, 1983.

BUENO, P.; TAPIAS, R.; LOPEZ, F.; DIAZ, M.J. Optimizing composting parameters for nitrogen conservation in composting. **Bioresource Technology**, v.99, p.5069–5077, 2008.

CHEN, R.; WANG, Y.; WANG, W.; WEI, S.; JING, Z.; LIN, X. N₂O emissions and nitrogen transformation during windrow composting of dairy manure. **Journal of Environmental Management**, v.160, p.121-127, 2015.

CIAVATTA, C.; GOVI, M.; PASOTTI, L.; SEQUI, P. Changes in organic matter during stabilization of compost from municipal solid wastes. **Bioresource Technology**, v.43, p.141–145, 1993.

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

Costa, M. D. M., Costa, L. D. M., Decarli, L. D., Pelá, A., SILVA, C., Matter, U. F., & Olibone, D. (2009). **Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico**. Embrapa Agropecuária Oeste-Artigo em periódico indexado (ALICE)

CONAMA – **Resolução n°481**, [2017]. Disponível em: <<http://www.agencia.baciaspcj.org.br/docs/resolucoes/resolucao-conama-481-17.pdf>> Acessado em: outubro 23, 2019.

CZEKAŁA, W.; MALINSKA, K.; CÁCERES, R.; JANCZAK, D.; DACH, J.; LEWICKI, A. Co- composting of poultry manure mixtures amended with biochar – the effect of biochar on temperature and C- CO₂ emission. **Bioresource Technology**, v.200, p.921–927, 2016.

DE GUARDIA, A.; PETIOT, C.; BENOIST, J.C.; DRUILHE, C. Characterization and modelling of the heat transfers in a pilotscale reactor during composting under forced aeration. **Waste Management**, v.32(6), p.1091–1105, 2012.

DE-GUARDIA, A.; MALLARD, P.;TEGLIA, C.; MARIN, A.; LE PAPE, C.; LAUNAY, M.; BENOIST, J.C.;PETIOT, C. Comparison of five organic wastes regarding their behaviour during composting: part 1, biodegradability, stabilization kinetics and temperature rise. **Waste Management**, v.30(3), p.402–41, 2010.

DIAZ, M.J.; MADEJÓN, E.; LÓPEZ, F.; LÓPEZ, R.; CABRERA, F. Optimization of the rate vinasse/grape marc for co-composting process. **Process Biochemistry**, v.37 (10), p.1143-1150, 2002.

DIAZ, L.F.; DE BERTOLDI, M.; BIDLINGMAIER, W.; STENTIFORD, E. Compost Science and Technology. 1.ed. Amsterdam: Editora: **Elsevier**,. 2007.

ELAGROUDY, S., ELKADY, T., GHOBRIAL, F. Comparative cost benefit analysis of different solid waste management scenarios in Basrah, Iraq. *Journal of Environmental Protection*, v.2(5), p.555-563, 2011.

GAO, M.; LI, B.; YU, A.; LIANG, F.; YANG, L.; SUN, Y. The effect of aeration rate on forced-aeration composting of chicken manure and sawdust. **Bioresource Technology**, v.101, p.1899–1903, 2009.

GU, W.; LU, Y.; TANA, Z.; XU, P.; XIE, K.; LI, X.; SUN, L. Fungi diversity from different depths and times in chicken manure waste static aerobic composting. **Bioresource Technology**, v.239, p.447-453, 2017.

GUARDIA, A., PETIOT, C., ROGEAU, D., DRUILHE, C. Influence of aeration rate on nitrogen dynamics during composting. **Waste Management**, v.28, p.575–587, 2008.

GUO, X., LIU, H., WU, S. Humic substances developed during organic waste composting: Formation mechanisms, structural properties, and agronomic functions. **Science of the Total Environment**, v.662, p. 501–510, 2019.

GUO, R.; LI, G.X.; JIANG, T.;SCHUCHARDT, F.; CHEN, T.B.; ZHAO, Y.Q.; SHEN, Y.J. Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. **Bioresource Technology**, v.112, p.171–178, 2012.

GAO, M.; LI, B.; YU, A.; LIANG, F.; YANG, L.; SUN, Y. The effect of aeration rate on forced-aeration composting of chicken manure and sawdust. **Bioresource Technology**, v.101, p.1899–1903, 2009.

HIGARACHI, M.M.,SARDÁ, L.G., OLIVEIRA, P.A.V. The influence of the season of the year and of dilution on the development of swine manure and wood shaves co-composting. **Engeraria Agrícola, Jaboticabal**, v.32, p.236-246, 2012.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, [2018]. Estatística da produção Pecuária. 2019. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=72380>> Acesso em: outubro 10, 2019.

JANCZAK, D., MALIŃSKA, K., CZEKAŁA, W., CÁCERES, R., LEWICKI, A., & DACH, J. (2017). Biochar to reduce ammonia emissions in gaseous and liquid phase during composting of poultry manure with wheat straw. **Waste Management**, 66, 36-45.

KAZEMI, K.; ZHANG, B.; LYE, L.M.; ZHU, Z. Evaluation of state and evolution of marine fish waste composting by enzyme activities. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v.44, p.348-357, 2017.

KIM, M.-H.; SONG, Y.-E.; SONG, H.-B.; KIM, J.-W.; HWANG, S.-J. Evaluation of food waste disposal options by LCC analysis from the perspective of global warming: jungnang case, South Korea. **Waste Management**, v.31, p.2112-2120, 2011.

LARNEY, F.J.; OLSON, A.F.; CARCAMO, A.A.; CHANG, C. Physical changes during active and passive composting of beef feedlot manure in winter and summer. **Bioresource Technology**, v.75, p.139–148, 2000.

MILLNER, P.; INGRAM, D.; MULBRY, W.; ARIKAN, A.O. Pathogen reduction in minimally managed composting of bovine manure. **Waste Management**, v.34, p.1992-1999, 2014.

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

ORRICO, A.C.A.; LUCAS JÚNIOR, J.; ORRICO JÚNIOR, M.A.P. Alterações físicas e microbiológicas durante a compostagem dos dejetos de cabras. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.27, n.3, p.764-772, 2007.

PACHECO, JOSÉ WAGNER; YAMANAKA, HÉLIO TADASHI. [2006]. **Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno)**. disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br.pdf>> Acessado em: outubro 03, 2019.

PACHECO, J. W. **Guia técnico ambiental de frigoríficos - industrialização de carnes (bovina e suína)**. Série P + L. [2008]. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wpcontent/uploads/sites/20/2013/11/abate.pdf>> Acessado em: outubro 03, 2019.

PAREDES, C., CEGARRA, J., BERNAL, M.P., ROIG, A. Influence of olive mill wastewater in composting and impact of the compost on a Swiss chard crop and soil properties. **Environment International**, v.31, p.305–312, 2005.

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

RASAPOOR, M., NASRABADI, T., KAMALI, M., & HOVEIDI, H. (2009). The effects of aeration rate on generated compost quality, using aerated static pile method. **Waste Management**, 29(2), 570-573.

RASAPOOR, M.; ADL, M.; POURAZIZI, B. Comparative evaluation of aeration methods for municipal solid waste composting from the perspective of resource management: A practical case study in Tehran, Iran. **Journal of Environmental Management**, v.184, p.528-534, 2016.

ROCHFORT, S., EZERNIEKS, V., MELE, P., & KITCHING, M. (2015). NMR Metabolomics for soil analysis provide complementary, orthogonal data to MIR and traditional soil chemistry approaches—a land use study. **Magnetic Resonance in Chemistry**, 53(9), 719-725.

RODRIGUES, M. S., SILVA, F. D., Barreira, L. P., & Kovacs, A. (2006). **Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos**. Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria. Botucatu: FEPAF, 63-94.

SILVA, S.; YATAWARA, M. Assesment of aeration procedures on windrow composting process efficiency: A case on municipal solid waste in Sri Lanka. **Environmental Nanotechnology. Monitoring & Management**, v.8, p.169-174, 2017.

TANG, JIXIN; LISTE, HANS-HOLGER; ALEXANDER, MARTIN. Chemical assays of availability to earthworms of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil. **Chemosphere**, v. 48, n. 1, p. 35-42, 2002.

TIQUIA, S. M. Reduction of compost phytotoxicity during the processo of decomposition. **Chemosphere**, v.79, p.506–512, 2010.

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

TIQUIA, S.M.; RICHARD, T.L.; HONEYMAN, M.S. Effect of windrow turning and seasonal temperatures on composting of hog manure from hoop structures. **Journal of Environmental Technology**, v.21, p.1037–1046, 2000.

TOLEDO, M. et al. Monitoring of the composting process of different agroindustrial waste: Influence of the operational variables on the odorous impact. **Waste Management**, v. 76, p. 266-274, 2018.

TUOMELA, M., VIKMAN, M., HATAKKA, A., & ITÄVAARA, M. (2000). Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. **Bioresource technology**, 72(2), 169-183.

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

VALENTE, B. S., XAVIER, E. G., MORSELLI, T. B. G. A., JAHNKE, D. S., BRUM JR, B. D. S., CABRERA, B. R., ... & LOPES, D. C. N. (2009). Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, 58(1), 59-85.

VC Resíduos. **Como destinar e tratar corretamente resíduos de origem animal**. 2018. Disponível em: <<https://www.vgresiduos.com.br/blog/como-destinar-e-tratar-corretamente-residuos-de-origem-animal/>>. Acesso em: novembro 08, 2019.