



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

**COMPOSTAGEM DOS RESÍDUOS DE INCUBATÓRIO EM LEIRAS
ESTÁTICAS, CONDUZIDAS NO VERÃO E INVERNO,
COM OU SEM AERAÇÃO FORÇADA**

Amanda Maria Domingos Ferreira Dias

Dourados - MS

Maio/2021



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

**COMPOSTAGEM DOS RESÍDUOS DE INCUBATÓRIO EM LEIRAS
ESTÁTICAS, CONDUZIDAS NO VERÃO E INVERNO,
COM OU SEM AERAÇÃO FORÇADA**

Acadêmica: Amanda Maria Domingos Ferreira Dias

Orientadora: Prof^ª Dr^ª 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

Maio/2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

D541c Dias, Amanda Maria Domingos Ferreira
Compostagem dos resíduos de incubatório em leiras estáticas, conduzidas no verão e inverno, com ou sem aeração forçada [recurso eletrônico] / Amanda Maria Domingos Ferreira Dias. -- 2021.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Ana Carolina Amorim Orrico.
TCC (Graduação em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Manejo de resíduos. 2. Produção animal. 3. Pré-compostagem. 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: Compostagem dos resíduos de incubatório em leiras estáticas, conduzidas no verão e inverno, com ou sem aeração forçada.

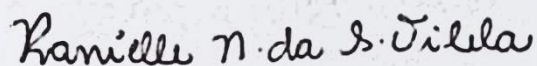
AUTOR: Amanda Maria Domingos Ferreira Dias

ORIENTADOR: Profa. Dr^a. Ana Carolina Amorim Orrico

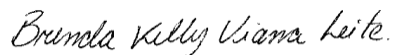
Aprovado como parte das exigências para a obtenção do grau de bacharel em **ZOOTECNIA** pela comissão examinadora.



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

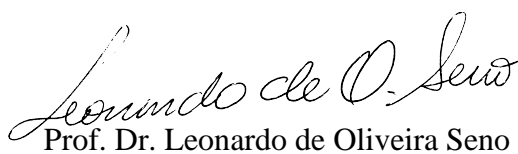


MSc. Ranielle Nogueira da Silva Vilela



MSc. Brenda Kelly Viana Leite

Data de realização: 31 de Maio de 2021.



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

DEDICATÓRIA

A Deus e Nossa Senhora das Graças!

Aos meus pais, Orlindo de Araújo Dias e Silvana Domingos Ferreira Dias, pelo apoio incondicional em todas as etapas e desafios dessa jornada, também ao meu irmão Silas Ferreira Dias por todo apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Virgem Maria, por serem minha inspiração e força nos momentos difíceis enfrentados e por todo amparo e intercessão constante.

Aos meus pais, Orlindo de Araújo Dias e Silvana Domingos Ferreira Dias, cujo o apoio e confiança foram essenciais ao longo de toda trajetória, sem o amor e a presença de vocês eu não conseguiria, Amo vocês.

Ao meu irmão Silas, que sempre esteve ao meu lado me ouvindo, acolhendo e me guiando frente aos novos desafios.

Ao meu grande amigo e namorado Éric Renan Zancanaro, por toda paciência, carinho, atenção, apoio e ajuda, por me ajudar segurar as pontas sempre, por estar aqui sempre me inspirando a ser alguém melhor e mais dedicada nos estudos, obrigada, eu te amo.

Aos amigos Arielli Pedrozo, Gabrielle Aleixo, Tacyana Rigo, Daniele Mandú, Leidiane Martines, Jeinny Wenglia, Jacqueline Rosa, Rosalvo Leiva, Luiz Miguel, Alexandra Oliveira, Éric Renan, Lucas Brites, obrigada pelos conselhos, companheirismo e ajuda nessa trajetória da graduação e também por toda amizade construída, pelos momentos vividos, a amizade e o convívio com vocês foram importantíssimos na minha vida e que essa amizade seja da faculdade para vida.

Aos meus colegas do grupo de pesquisa Janaína Machado, Isabelly Alencar, Juliana Oliveira, Marcio Avila, Brenda Kelly, Ranielle Vilela, Alice Schwingel, Gislaine Paganucci, Obrigada por toda ajuda e convivência, e pelas amizades que fiz ao longo dos anos nesse grupo, com certeza guardarei vocês no coração.

À minha orientadora Dra Ana Carolina Amorim Orrico, por ter me orientado durante toda a minha graduação, por todos os ensinamentos, conselhos dados, por toda paciência e carinho, obrigada por ter acreditado em mim e por me ajudar a melhorar sempre. Sem seu apoio e dedicação nada seria possível, por ser esse exemplo de professora, orientado, mãe e mulher, que Deus te abençoe sempre, muito obrigada.

A todos os professores da graduação em geral, por todo auxílio e contribuição na minha formação acadêmica.

A Lori e ao Emerson que foram cruciais na realização desse sonho.

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

De coração, Muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	3
MATERIAL E MÉTODOS.....	6
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
CONCLUSÃO.....	14
REFERÊNCIAS	15

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))7
- Figura 2.** Temperatura das leiras na estação de verão com e sem aeração e no inverno com e sem aeração.....9
- Figura 3.** Reduções de massa de ST (%) durante a compostagem dos resíduos de incubatório nas estações de verão e inverno, recebendo aeração ou não.....12
- Figura 4.** Reduções de massa de N (%) durante a compostagem dos resíduos de incubatório nas estações de verão e inverno, recebendo aeração ou não.....13
- Figura 5.** Reduções de massa de C (%) durante a compostagem dos resíduos de incubatório nas estações de verão e inverno, recebendo aeração ou não.....14

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Caracterização da constituição inicial dos materiais utilizados para confecção das leiras.....6
- Tabela 2.** Temperaturas termofílicas do resíduo de incubatório durante o inverno e verão, com e sem a presença de aeração.....10
- Tabela 3.** Peso das leiras (em kg de ST) e reduções dos constituintes sólidos, carbono e da relação C:N durante a compostagem dos resíduos de incubatório no verão e inverno, com ou sem aeração.....11

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF - Ácido Fúlvico

AH - Ácido Húmico

AH:AF - Relação de Ácido Húmico : Ácido Fúlvico

C - Carbono

CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

N - Nitrogênio

PVC - Policloreto de Vinila

ST - Sólidos Totais

RESUMO

O Brasil é um país que possui elevada produtividade animal, sendo a avicultura industrial um dos seguimentos de produção animal mais desenvolvidos, entretanto, assim como as outras atividades agropecuárias, possui pouco enfoque no tratamento e reciclagem dos resíduos gerados. Sendo assim, há um risco considerável de contaminação ao homem e ao meio ambiente. A pesquisa foi conduzida com o intuito de avaliar a compostagem dos resíduos de incubatório em leiras estáticas, conduzidas no verão e inverno, recebendo ou não aeração forçada. 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). As leiras 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 de 200 kg de matéria natural. Para aeração das leiras foram inseridos tubos de PVC entre as camadas de resíduos formadas, sendo estes canos perfurados ao longo do comprimento, permitindo a injeção de ar com o fluxo médio de 0,6 L.min⁻¹. O período de compostagem foi de 90 dias a partir da data de formação das leiras, sendo diariamente monitorada a temperatura, e periodicamente coletadas amostras do perfil da leira para controle da umidade. As reduções de sólidos totais sofreram influência ($p < 0,05$) da aeração e da estação do ano, sendo verificado maiores reduções no verão, onde aos 50 e 70 dias ocorreram reduções entre (48,30%) e (53,02%) respectivamente, enquanto que no inverno atingiram reduções (43,60%) e (48,77%). Já as perdas de N foram influenciadas ($p < 0,05$) pela estação e aeração, sendo maiores no verão (63,25%) em presença de aeração. Provavelmente estas perdas de nitrogênio estejam associadas com o aumento da temperatura na massa em compostagem, o que pode ter favorecido a formação de amônia e sua volatilização. Com relação ao carbono verificou-se influência ($p < 0,05$) da estação somente aos 70 dias do processo, ocorrendo maiores reduções no verão (60,92%) em relação às verificadas no inverno (57,69%). Em relação ao efeito da aeração, foram verificadas maiores ($p < 0,05$) reduções de C em leiras que receberam aeração aos 50 e 70 dias de compostagem, em comparação com as que não receberam. No entanto, aos 90 dias, esse efeito não foi verificado e as reduções foram similares, independente da presença de aeração ou não ($p > 0,05$). A compostagem em leiras estáticas é indicada para o tratamento do resíduo de incubatório, no entanto não há necessidade do uso da aeração durante as diferentes estações do ano.

Palavras-chave: Manejo de resíduos, Produção animal, pré-compostagem.

ABSTRACT

Brazil is a country that has high animal productivity, with industrial poultry farming being one of the most developed segments of animal production, however, like other Brazilian agricultural activities, it has low exploitation on the reduction of the amounts of waste generated or its treatment. Therefore, there is a considerable risk of contamination to man and the environment. The research was conducted with the aim of evaluating the composting of hatchery residues on static windrows, conducted in summer and winter, receiving or not forced aeration. It was adopted a completely randomized design in a 2 x 2 factorial scheme, represented by aeration (with and without) and conducted in two seasons (winter and summer), with a portion subdivided in time, which was represented by the days of turning (50, 75 and 90) and with 2 repetitions (windrows). The windrows were formed in layers, intercalating organic waste and bulky material, in the proportion of 3.5: 1, respectively, and using compost cells with a capacity of 200 kg of natural matter. For aeration of the windrows, PVC tubes were inserted between the layers of waste formed, these pipes being perforated along the length, allowing the injection of air with an average flow of 0.6 L.min⁻¹. The composting period was 90 days from the date of the windrow formation, with temperature being monitored daily, and samples of the windrow profile were periodically collected to control humidity. The reductions in total solids were influenced ($p < 0.05$) by the aeration and the season, with greater reductions seen in the summer, where at 50 and 70 days there were reductions between (48.30%) and (53.02%) respectively, while in the winter they reached reductions (43.60%) and (48.77%). The losses of N were influenced ($p < 0.05$) by the season and aeration, being higher in the summer (63.25%) in the presence of aeration, however in both seasons there were reductions in nitrogen. Probably these nitrogen losses are associated with the increase in temperature in the composting mass, which may have favored the formation of ammonia and its volatilization. Regarding carbon, the influence ($p < 0.05$) of the season was verified only after 70 days of the process, with greater reductions occurring in the summer (60.92%) in relation to those observed in the winter (57.69%). Regarding the effect of aeration, greater ($p < 0.05$) reductions in C were observed in windrows that received aeration at 50 and 70 days of composting, compared to those that did not. However, at 90 days, this effect was not seen and the reductions were similar, regardless of the presence of aeration or not ($p > 0.05$). Composting in static windrows is indicated for the treatment of hatchery waste, however there is no need to use aeration during the different seasons of the year.

Keywords: Waste management, animal production, pre-composting.

1. INTRODUÇÃO

A avicultura industrial é um dos seguimentos da produção animal mais desenvolvidos no mundo, sendo impulsionada pelo aumento do consumo de proteína de origem animal na dieta humana. Dessa forma, as empresas do setor avícola visam aumentar a sua produtividade, sendo necessário uma produção em larga escala de ovos destinados a incubação. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), no Brasil, a produção de ovos para incubação no terceiro trimestre de 2020 foi de 1,01 bilhão de unidades. A incubação consiste no desenvolvimento do embrião até a eclosão, no entanto, durante o processo ocorrerão perdas que irão constituir o resíduo de incubatório. Esse resíduo geralmente é composto por: ovos não eclodidos e inférteis, cascas de ovos, pintainhos mortos e com má formação (Orrico et al., 2020). Esses autores ainda acrescentam que, no nascedouro, é a etapa onde é gerado a maior quantidade de resíduos, cerca de 86,20% do total, sendo também dependente da idade das matrizes, pois quanto mais velhas, maiores serão as perdas.

Devido sua caracterização e elevado teor de proteína e gordura, tornar-se essencial o descarte adequado, promovendo a redução dos impactos negativos ao meio ambiente. Sendo assim, a compostagem surge como uma importante alternativa para se obter a biodegradação controlada dos resíduos de natureza orgânica (Pereira Neto, 2007). Neste sentido, a compostagem se torna um meio eficiente para destinação destes materiais, havendo redução de material orgânico e ao final do processo tem-se um produto estabilizado, rico em nutrientes e que pode ser utilizado como fertilizante orgânico (Orrico et al., 2020). Embora a compostagem seja benéfica, há risco na manipulação desse material, uma vez que pode apresentar grande quantidade de microrganismos patogênicos. Desse modo, é importante que a condução da compostagem seja feita em leiras estáticas, evitando assim contaminação ao ser humano. Segundo (Fernandes & Silva, 1999), o fornecimento de ar é vital à atividade microbiana, pois os microrganismos aeróbios têm necessidade de oxigênio para oxidar a matéria orgânica que lhes serve de alimento, e assim alterar as características iniciais dos resíduos.

A aeração é, na prática da compostagem, um dos fator mais importantes a ser considerado no processo de decomposição da matéria orgânica (Ruschel, 2013). Para introduzir oxigênio na leira, é feito o revolvimento ou a injeção de ar (Kiehl, 1998). A aeração forçada consiste na injeção de ar, onde insufladores são inseridos em tubos de Policloreto de Vinila (PVC) perfurados ou canaletas, acoplados a base da leira. Entretanto, a aeração deve ser muito bem controlada, uma vez que um suprimento excessivo de ar pode fazer com que a perda de calor seja mais intensa do que a produção de calor microbiano (Lau et al., 1992). (Kiehl, 2004)

afirma que a aeração como sendo o principal mecanismo, capaz de regular a velocidade de compostagem, diminuir a liberação de odores e reduzir a umidade do material em decomposição.

A influência que a estação do ano sobre a compostagem ainda é questionada por alguns pesquisadores, sobretudo porque pode possuir relação com as características de cada resíduo e com a forma de condução da compostagem. Sendo assim (Amorim et al., 2005) observaram que, durante o inverno, as temperaturas no interior das leiras de compostagem são mais baixas se comparadas às obtidas no verão, resultados que acabam reforçando a possível influência climática sobre a temperatura das leiras de compostagem. No entanto esses autores trabalharam com revolvimentos periódicos das leiras e o processo em leiras estáticas pode ocorrer de outra forma, demandando assim novos estudos.

Diante disso, a pesquisa foi conduzida com o intuito de avaliar a compostagem dos resíduos de incubatório em leiras estáticas, conduzidas no verão e inverno, recebendo ou não aeração forçada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O Brasil é um grande produtor e exportador de produtos avícolas, considerando dados da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), a avicultura de postura teve um crescimento no faturamento de 18,71% em 2020, aumentando a produção em 2,94%, com crescimento cada vez mais acentuado, os sistemas agropecuários e agroindustriais tem aumentado sua capacidade. Como consequência dessa forte produção intensiva, tem-se a geração de uma grande quantidade de resíduos, um problema que toma proporções de ordem econômica e ambiental. Devido a isso, existe uma grande preocupação por parte das empresas avícolas em obter métodos para o manejo adequado do resíduo de incubatório. Por se tratar de um material perecível, ele está suscetível à disseminação de microrganismos patogênicos, podendo ocasionar riscos à saúde pública e ao meio ambiente (Nunes et al., 2005).

Nesse sentido, a utilização do processo de compostagem revela-se uma técnica eficiente no tratamento desse resíduo. A compostagem é um processo de decomposição aeróbia controlada e de estabilização da matéria orgânica em condições, que permite o desenvolvimento de temperaturas termofílicas, resultantes de uma produção calorífica de origem biológica, com obtenção de produto final estável, sanitizado, rico em compostos húmicos e cuja utilização no solo não oferece riscos ao meio ambiente (Valente et al., 2009). A compostagem é compreendida por três fases: mesofílica, termofílica e maturação, a fase mesofílica é caracterizada por ser uma fase rápida, onde os microrganismos promovem a liberação de calor, ocorrendo alta atividade metabólica, sendo degradados proteínas, açúcares e amido. A segunda fase, denominada termofílica, é caracterizada pelo aumento da decomposição do material orgânico, sendo considerada a fase da degradação ativa de polissacarídeos (Pereira Neto, 2007).

As bactérias atuam na degradação dos lipídeos e hemicelulose, enquanto a lignina e celulose são degradados pelos actinomicetos e fungos (Kiel, 1985); (Valente et al., 2009). Na terceira e última fase do processo, a fase de maturação, ocorre a humificação do composto por meio da degradação de compostos mais resistentes, como a celulose e lignina, ocasionando a diminuição da atividade microbiana e a queda gradativa da temperatura, se aproximando da temperatura ambiente (Fetti, 2013). A eficiência do processo de compostagem está diretamente relacionada a fatores que proporcionam condições ótimas para que os microrganismos aeróbios possam se multiplicar e atuar na transformação da matéria orgânica (Valente et al., 2009). Existem vários aspectos que influenciam o meio em compostagem, segundo (Gao et al., 2010), para se ter sucesso no processo de compostagem é necessário controlar a umidade, a temperatura, a taxa de aeração, a relação C:N e o pH.

Embora a compostagem apresente vários benefícios, existe um fator limitante em virtude da manipulação do resíduo de incubatório, visto que não é todo resíduo que possibilita a manipulação periódica, devido ao presente risco de contaminação por meio de microrganismos patogênicos e gases tóxicos. Em razão disso, a condução da compostagem pode ser realizada em leiras estáticas, devido a característica de origem desse resíduo, de modo a evitar a contaminação do ser humano, visando a conservação das pilhas formadas no início do processo por um máximo de tempo sem revolvimento. De acordo com (Paiva, 2008) a compostagem de carcaças de frango em leiras estáticas aeradas se mostrou eficiente nas reduções ou eliminações de microrganismos termotolerantes e *Salmonella*. Segundo (Bertoldi et al., 1983), a disposição de oxigênio nas leiras é essencial ao processo de degradação, uma vez que garante a respiração dos microrganismos e a oxidação das substâncias orgânicas, possibilitando que a degradação ocorra mais rapidamente, por meio da conservação das condições vitais a manutenção dos microrganismos aeróbios envolvidos.

A umidade e o balanço de nutrientes atuam principalmente para que as reações de digestão promovam a geração de CO_2 e calor, essas medidas definirão a eficiência do processo na redução dos elementos orgânicos e patogênicos. Conforme (Epstein, 1997), a falta de oxigênio resulta em condições anaeróbias e consequentemente, prejudicará a degradação de material orgânico pela alteração na população de microrganismos degradadores, além de outros produtos formados. Para introduzir oxigênio na leira, é feito o revolvimento ou a injeção de ar (Kiehl, 1998). O processo de aeração forçada ocorre por meio da injeção de ar em tubo de PVC perfurados ou também através de canaletas, acoplados as células de compostagem. Dentre isso, as recomendações de fluxo de ar podem variar, de acordo com (Czekala et al., 2016) a taxa de aeração inicial deve fornecer em média $2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ e deve ser reajustada com o tempo decorrido no processo de compostagem, no intuito de manter a concentração mínima de O_2 , enquanto (Kazemi et al., 2017) recomenda uma taxa de $0,3 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{Kg}^{-1}$ para o fornecimento do fluxo de ar.

O consumo de oxigênio é elevado no início do processo de compostagem, e com o passar do tempo, vai diminuindo indicando o grau de estabilização e o ponto de cura do composto (Fortes Neto, 1992). Sendo assim, (Bari & Koenig, 2001) afirmam que a compostagem é uma tecnologia que visa à obtenção de um produto mais homogêneo, com maior valor fertilizante e higienicamente seguro. Desta forma, as substâncias húmicas são compostos orgânicos oriundos da decomposição de resíduos vegetais e animais do ambiente, que podem ser utilizados como insumos alternativos para o manejo de diversas culturas (Caron et al., 2015). Como resultados da compostagem são gerados nutrientes e substâncias húmicas, necessários para nutrição das

plantas e para a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, respectivamente (Kiehl, 2012).

Higarashi et al., (2012) enfatizaram que a troca de calor com o ambiente afetam o desenvolvimento de temperatura dentro das leiras. Sendo observado que apesar dos processos biológicos exotérmicos, inerente ao composto, em pilhas formadas por dejetos de suínos e aparas de madeira, conduzidas no verão e inverno, a temperatura ambiente influenciou no desempenho do tratamento de compostagem. Segundo (Massukado et al., 2010) os autores observaram que em leiras constituídas por frações orgânicas de resíduos sólidos domiciliares, houve pouca influência das estações no desenvolvimento do processo de compostagem. Em experimento conduzido por (Orrico et al., 2020) verificaram que ao serem adicionados 50% dos resíduos de incubatório aos dejetos de ovelhas em micro-leiras, as temperaturas se mantiveram elevadas por períodos mais longos, sendo esse comportamento benéfico a fase termofílica. Estes autores acrescentam que, houve maior redução de sólidos durante o processo de compostagem e a produção de fertilizantes orgânicos com uma melhor relação HA:FA, bem como com maiores concentrações de N e Ca.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Área Experimental e no Laboratório de Manejo de Resíduos Agropecuários, ambos pertencentes a Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados. Os resíduos de incubatório foram cedidos por uma empresa especializada na produção de frangos de corte localizada no município de Dourados-MS. Durante o período de desenvolvimento da compostagem no inverno de 2017, iniciado no mês de junho e finalizado em setembro, a média da umidade foi 64,79%. Durante o desenvolvimento da compostagem no verão de 2017, iniciada em dezembro e finalizada em março de 2018, a média da umidade foi de 75,76%.

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, 70 e 90) e com 2 repetições (leiras). O resíduo de incubatório foi constituído por ovos não eclodidos, ovos inférteis, cascas de ovos, pintainhos mortos e com má formação. O material absorvente foi um agente volumoso, caracterizado por feno de gramínea moído impróprio para consumo e casca de arroz, na proporção de 80:20, respectivamente.

A casca de arroz foi associada com o agente volumoso 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. Apesar da formação de chorume ser considerada uma condição indesejável, abaixo de cada célula de compostagem foram acondicionadas bandejas coletoras. A composição química inicial dos resíduos está apresentada na (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização da constituição inicial dos materiais utilizados para confecção das leiras.

Resíduos	ST (%)	SV (%)	C (%)	N (%)	EE (%)
Feno de gramínea	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 incubatório	67,05	53,38	26,24	3,51	5,13

ST=sólidos totais, SV=sólidos voláteis e EE= extrato etéreo. SV, C, N e EE: expressos em % dos ST.

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. 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 agente volumoso 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.

As leiras foram confeccionadas com madeira vazada nos lados, fundo, frente e piso da composteira (Figura 1). 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.

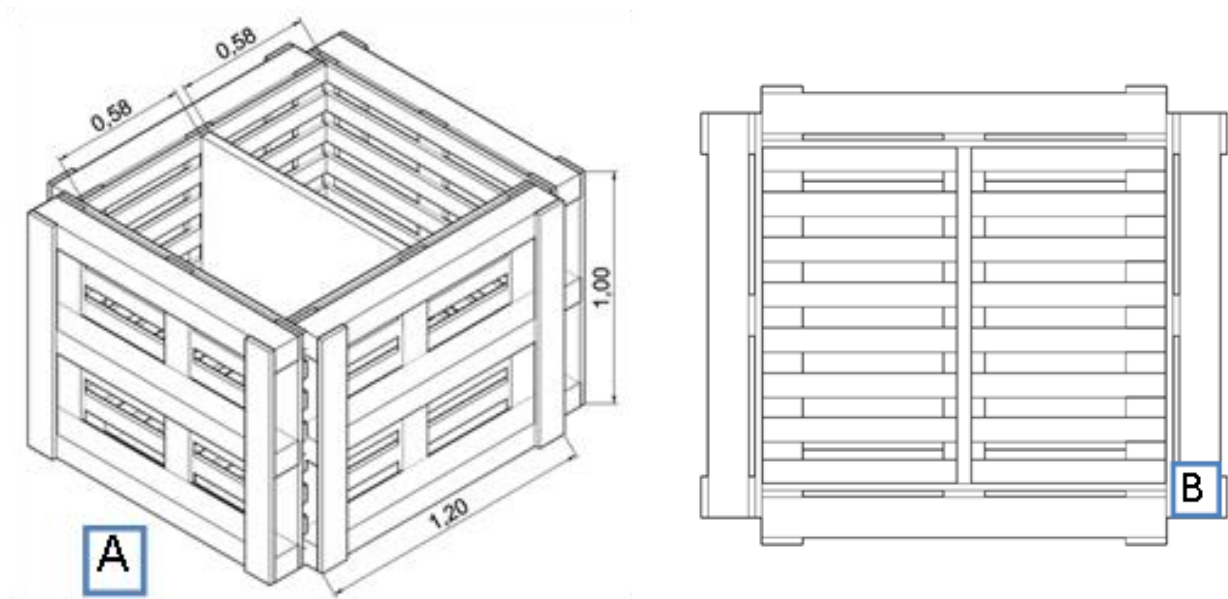


Figura 1. Perspectivas das composteiras que foram construídas para a execução do experimento (vista superior e lateral, com médias, em metros (A) e vista superior (B)). Fonte: Vilela (2019, p.18).

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 por 15 minutos diários com fluxo médio de $0,6 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$.

O período total de compostagem foi de 90 dias, ocorrendo um revolvimento aos 50 e outro aos 70 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 devido ao alto teor de gordura presente e as de 50, 70 e 90 dias através de 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 considerada 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, 70 e 90 dias de compostagem foram determinados os ST, nitrogênio (N) e carbono (C). Os teores de ST, N e C foram mensurados de acordo com a metodologia descrita por Apha (2005). 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).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se em todo período de compostagem, que a média da temperatura das leiras ficou acima de 40°C em ambas as estações (Figura 1), provavelmente esse comportamento esteja associado a influência da temperatura ambiente, o que irá influenciar diretamente na temperatura das leiras. Possivelmente a aeração foi prejudicial no inverno, pois as leiras com aeração alcançaram temperaturas inferiores as que não receberam aeração, sobretudo na faixa termofílica (Tabela 2), 50,55°C para as que receberam aeração e 55,25°C para as que não receberam. Esse efeito pode ter sido causado porque a cada vez que a leira recebia a aeração, havia a renovação de ar atmosférico no seu interior, retirando assim o calor que foi produzido e estava armazenado no material em compostagem. Esse comportamento não foi desejável para o processo de compostagem na estação do inverno, principalmente em materiais com elevada carga orgânica, como os resíduos de incubatório, que dependem do aumento de temperatura para melhor degradação do material em compostagem, assim como redução de patógenos.

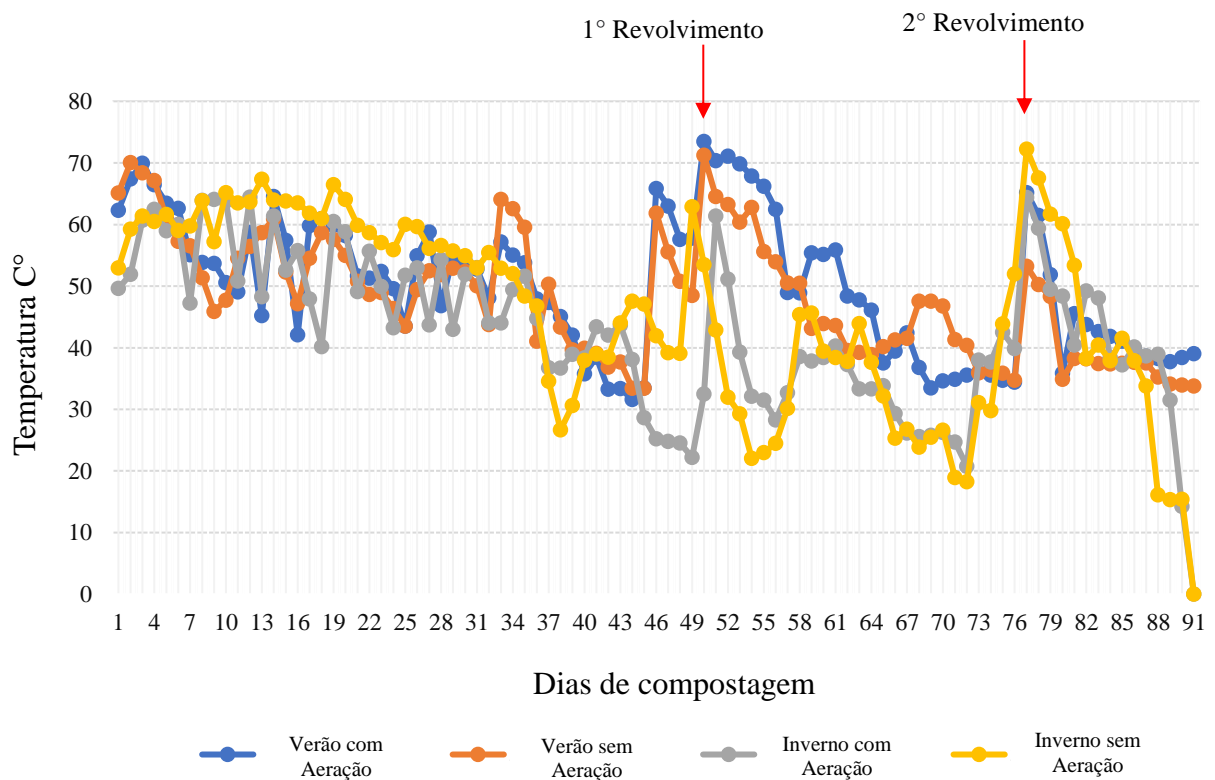


Figura 2. Temperatura das leiras na estação de verão com e sem aeração e no inverno com e sem aeração

Tabela 2. Temperaturas termofílicas do resíduo de incubatório 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) 75 - 90
			0 - 50	50 - 75	
Com	Inv	59	65,9 (12)	65,0 (51)	42,50
	Ver	65	73,9 (50)	73,9 (51)	34,75
Sem	Inv	57	69,0 (13)	57,1 (50)	43,85
	Ver	65	71,9 (50)	71,9 (50)	35,85

Aeração com: leiras que receberam aeração no fluxo de 0,6 L.min⁻¹ por 15 min.dia⁻¹. Aeração sem: leiras sem aeração.

Contudo, é possível observar que durante o verão a aeração demonstrou comportamento diferente aos observados no inverno, provavelmente as leiras que receberam aeração no verão alcançaram temperaturas elevadas em relação as que não receberam aeração. Este comportamento possivelmente esteja associado a disposição de oxigênio aos microrganismos, visto que a cada aeração, o oxigênio dentro da leira era renovado permitindo a entrada de ar, como também a respiração dos microrganismos. Sendo assim, esse comportamento foi desejável ao processo de compostagem na estação do verão, pois o oxigênio possibilita a oxidação de substâncias orgânicas, além de permitir que o processo de degradação ocorra mais rapidamente através dos microrganismos aeróbios.

Amorim et al. (2005) observaram que, durante o inverno, as temperaturas no interior das leiras de compostagem são mais baixas se comparadas às obtidas no verão, resultados que acabam reforçando a possível influência climática sobre a temperatura das leiras de compostagem. Estes autores ainda observaram a influência da estação no processo de compostagem, onde ocorreu maiores perdas de carbono e nitrogênio durante o verão e outono, quando comparadas com inverno e primavera.

Os teores de sólidos totais foram medidos do início até o final do processo de compostagem, sendo monitorada a temperatura diariamente. Observou-se um aumento das reduções de sólidos totais ao decorrer do processo de compostagem, ocorrendo as menores reduções aos 50 dias, aumentando aos 70 e 90 dias respectivamente. Como demonstrado na (Tabela 3) foi observado maior influência da estação do verão aos tempos de 50 e 70 dias, no entanto em relação aos 90 dias não foi observada influência ($p > 0,05$) da estação do ano sobre as reduções de sólidos totais. Com relação a aeração, foi observada influência no inverno e verão, sendo verificado maiores reduções no verão, onde aos 50 e 70 dias ocorreram reduções entre (48,30%) e (53,02%) respectivamente, enquanto que no inverno atingiram reduções (43,60%) e (48,77%).

Tabela 3. Peso das leiras (em kg de ST) e reduções dos constituintes sólidos, carbono e da relação C:N durante a compostagem dos resíduos de incubatório no verão e inverno, com ou sem aeração.

	Período de compostagem (dias)	Inverno		Verão		
		Com aeração	Sem aeração	Com aeração	Sem aeração	
Peso de ST (kg)	50	68,31	71,18	62,65	61,68	
	70	61,46	59,17	55,42	56,94	
	90	55,81	51,60	51,30	52,22	
Redução de massa (%)	ST	50	43,44 Ba	40,02 Bb	47,87 Aa	47,42 Ab
		70	49,11 Ba	50,13 Bb	53,89 Aa	51,46 Ab
		90	53,79 Aa	56,51 Aa	57,31 Aa	55,49 Aa
	N	50	53,94 Ba	51,79 Bb	57,74 Aa	51,23 Ab
		70	59,45 Ba	55,38 Bb	61,98 Aa	54,93 Ab
		90	60,20 Ba	58,80 Bb	62,66 Aa	58,13 Ab
	C	50	55,72 Aa	54,61 Ab	56,65 Aa	51,74 Ab
		70	58,10 Ba	57,28 Bb	62,00 Aa	59,84 Ab
		90	59,92 Aa	62,29 Aa	62,50 Aa	60,42 Aa
Relação C:N	50	14,43	14,91	15,30	12,54	
	70	14,20	13,33	14,90	11,34	
	90	13,64	12,74	13,92	11,97	

Médias seguidas de letras idênticas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Letras maiúsculas comparam estação do ano e de letras minúsculas comparam aeração.

As reduções de sólidos totais podem estar associadas a temperatura ambiente, visto que quando ocorre o processo de aeração o ar é renovado dentro da leira, retirando assim o calor existente dentro do meio em compostagem. Porém, para o inverno esse comportamento foi indesejável, pois a aeração pode ter influenciado na redução da umidade, uma vez que as leiras já apresentavam baixa umidade devido a constituição do seu material absorvente, feno de baixa qualidade moído e casca de arroz, desta forma pode ter ocorrido a restrição da atividade microbiana no interior das leiras. Contudo, aos 90 dias, ambas as leiras de verão e inverno obtiveram reduções de Sólidos similares ($p > 0,05$), independente da estação do ano, possuindo ou não aeração. (SIVAKUMAR et al., 2008) relatou em estudos que a compostagem de carcaças de aves e cama de frango resultaram em reduções similares de ST as encontradas nesse trabalho, ficando entre 19,30% e 48,60%.

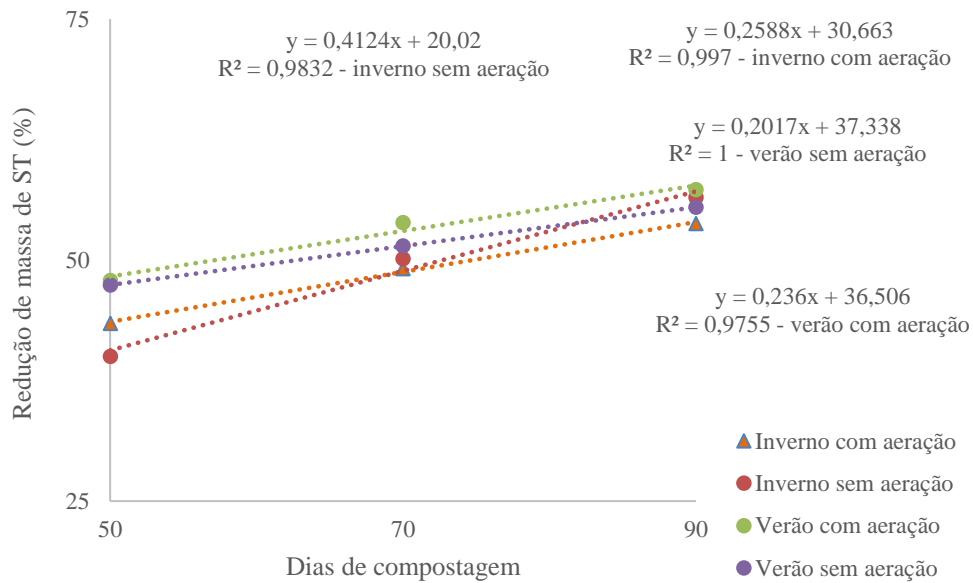


Figura 3. Reduções de massa de ST (%) durante a compostagem dos resíduos de incubatório nas estações de verão e inverno, recebendo aeração ou não.

As perdas de nitrogênio foram influenciadas ($p < 0,05$) pelas estações do ano, sendo observado maior influência durante o verão aos tempos de 90 dias com aeração (63,25%) e (58,21%) respectivamente sem aeração, em relação ao inverno (Tabela 3). Com relação a aeração, foi verificado reduções de nitrogênio tanto na presença, como na ausência da aeração, no entanto houve maiores ($p < 0,05$) perdas de nitrogênio em leiras que receberam aeração no verão (Figura 4). Possivelmente a aeração tenha intensificado as reduções de nitrogênio disponível nas leiras, associadas com a permanência da temperatura elevada na massa em compostagem, o que pode ter favorecido a formação de NH_3 e sua volatilização

Em experimento (Kim et al., 2010), observaram influência da aeração nas reduções de nitrogênio na compostagem, sendo as altas taxas de aeração responsáveis por cerca de 85 % da remoção de nitrogênio na forma de amônia. (Vilela, 2019) Afirma que as maiores perdas de nitrogênio ocorreram durante o verão (81,80%) e na presença de aeração (79,90%). Segundo o autor a permanência das temperaturas elevadas, associadas ao pH e a relação C:N inicial possivelmente favoreceram a volatilização de nitrogênio na forma de amônia.

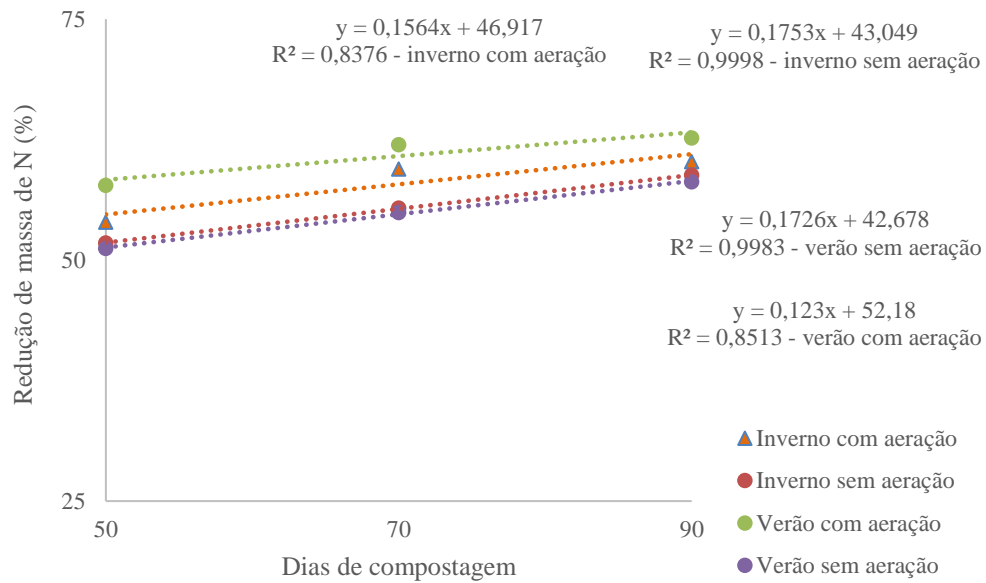


Figura 4. Reduções de massa de N (%) durante a compostagem dos resíduos de incubatório nas estações de verão e inverno, recebendo aeração ou não.

Com relação ao carbono verificou-se influência ($p < 0,05$) da estação somente aos 70 dias do processo, com superioridade para as reduções ocorridas no verão (60,92%) em relação as verificadas no inverno (57,69%). Em relação aos tempos de 50 e 90 dias não foi observada influência ($p > 0,05$) da estação do ano sobre as degradações do carbono.

Em relação ao efeito da aeração, foram verificadas maiores ($p < 0,05$) reduções de C em leiras que receberam aeração aos 50 e 70 dias de compostagem, em comparação com as que não receberam.

No entanto, aos 90 dias, esse efeito não foi verificado e as reduções foram similares, independente da presença de aeração ou não ($p > 0,05$). Possivelmente a aeração tenha acelerado as degradações de carbono nas fases iniciais, onde aos 50 e 70 dias ocorreram reduções entre (56,53%) e (59,32%) de carbono, no entanto, com a persistência da fase mesofílica por um período maior e os revolvimentos que ocorreram aos 50 e 70 dias, permitindo melhor aeração do material em compostagem, assim como sua homogeneização, existiram condições para que a degradação fosse mantida nas leiras sem aeração, alcançando assim reduções similares as leiras que receberam aeração. (Nascimento, 2017) relatou que durante a compostagem de lodo séptico e resíduos agrícolas, as maiores reduções de C ocorreram em presença de aeração natural, o mesmo foi observado por (Ruschel, 2013) na compostagem de resíduos vegetais em diferentes métodos de aeração, onde houve diminuição do carbono e uma concentração dos demais macronutrientes do processo.

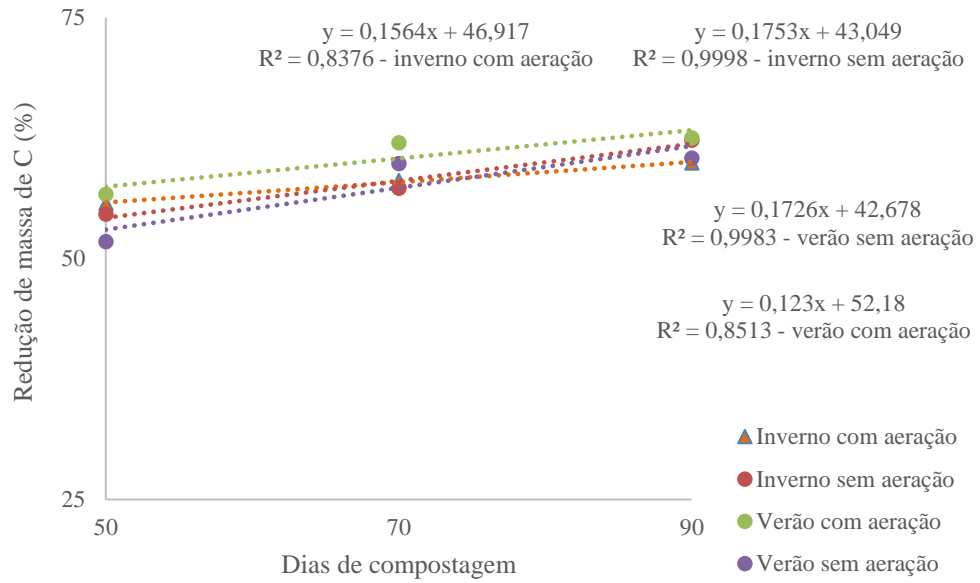


Figura 5. Reduções de massa de C (%) durante a compostagem dos resíduos de incubatório nas estações de verão e inverno, recebendo aeração ou não.

4. CONCLUSÃO

A compostagem em leiras estáticas é indicado para o tratamento do resíduo de incubatorio, no entanto não há necessidade do uso da aeração durante as diferentes estações do ano.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, A. C. et al. Compostagem e vermicompostagem de dejetos de caprinos: efeito das estações do ano. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.57-66, 2005.

APHA. American Public Health Association. 2005. Standard methods for examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: **American Water Works Association**.1.368.

BARI, Q.H., KOENIG, A. Effect of air recirculation and reuse on composting of organic solid waste. **Revista Science Direct**, v.33, n.2, p. 93-111, 2001.

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

CARON, V. C. et al. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Série produtor rural nº58. São Paulo - USP Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ Divisão de Biblioteca – DIBD, 2015. 7p.

CNA[2020].**Segmento Primário: crescimento do PIB agropecuário atinge recorde em 2020**. Disponível em:< <https://www.cnabrazil.org.br/boletins/pib-do-agronegocio-alcanca-participacao-de-26-6-no-pib-brasileiro-em-2020>>Acessado em: maio 13, 2021.

CZEKAŁA, W. et al. 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.

EPSTEIN, E. **The Science of composting**. Lancaster, Pennsylvania : Technomic, 1997. 487p.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. 1.ed. Londrina, 1999. 12p.

FORTES NETO, P. **Compostagem natural do lixo domiciliar urbano através de leiras estáticas e revolvidas**. 1992. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FETTI, G. L. R. [2013].**Evolução da matéria orgânica durante o processo de compostagem**. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/ib/ceis/mundoleveduras/2013/CompostagemGeorgeFetti.pdf>> Acessado em: Abril 26, 2021.

GAO, M. et al. Evaluation of stability and maturity during forced-aeration composting of chicken manure and sawdust at different C/N ratios. **Revista Science Direct**, v. 78, n.5, p.614-619, 2010.

HIGARACHI, M.M. et al. The influence of the season of the year and of dilution on

the development of swine manure and wood shaves co-composting. **Engeraria Agrícola**, v.32, p.236-246, 2012.

Indicadores IBGE: **estatística da produção pecuária out.-dez. 2020** IBGE Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/29682-com-alta-no-preco-das-carnes-ovos-tem-maior-producao-em-33-anos>. Acesso em: junho 05, 2021.

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

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: Editora Ceres, 1998. 171p.

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

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba, SP: Edmar José Kihel, 2012. 171p.

KIM, J. et al. Influence of aeration rate on nitrogen during blackwater composting. **Desalination**, v.251, p.298-307, 2010.

LAU, A.K. et al. Aeration experiments for swine waste composting. **Revista Science Direct**, v.41, n 2, p. 145-152, 1992.

MASSUKADO, L. M.; SCHALCH, V. Avaliação da qualidade do composto proveniente da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares, **Revista DAE**, ed 183, 2010.

NASCIMENTO, B. L. **Compostagem de lofo séptico e resíduos agrícolas em diferentes sistemas de aeração**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

NUNES, R. V. et al. Valores Energéticos de Subprodutos de Origem Animal para Aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1217-1224, 2005.

ORRICO, A. C. A. et al. Characterization and valuing of hatchery waste from the broiler chicken productive chain. **Revista Elsevier**, v. 105, p. 520-530, 2020.

PAIVA, E. C. R. et al. Avaliação da compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e de leiras estáticas aeradas. **Engenharia Agrícola**, v.32, n.5, p.961-970, 2012.

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

RUSCHEL, C. B. V. **Composto de resíduos vegetais por diferentes métodos de aeração**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre.

SIVAKUMAR, K. et al. Seasonal variations in composting process of dead poultry birds. **Bioresource Technology**, v.99, n.9, p.3708–3713, 2008.

VALENTE, B. et al. Fatores Que Afetam O Desenvolvimento Da Compostagem De Resíduos Orgânicos Issues Concerning Composting of Organic Residues. **Arch. Zootec**, v. 58, p. 59-85, 2009.

VILELA, R. N. S. **Efeitos da aeração e da estação do ano na compostagem dos resíduos orgânicos de abatedouro**. 2019. Dissertação (Mestrado de Zootecnia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.