

HIAGO HENRIQUE ROCHA ZANETONI

**CARACTERÍSTICAS DO AR E DA CAMA DE INSTALAÇÕES PARA BOVINOS
DE LEITE EM SISTEMAS *COMPOST BARN***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do programa de Pós-Graduação
em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

Orientadora: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco

Coorientadores: Fernando da Costa Baêta

Matteo Barbari

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2019**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

Zanetoni, Hiago Henrique Rocha, 1992-
Z28c
2019 Características do ar e da cama de instalações para bovinos
de leite em sistemas tipo *compost barn* / Hiago Henrique Rocha
Zanetoni. – Viçosa, MG, 2019.
48 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Ilda de Fátima Ferreira Tinoco.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Bovinos de leite - Instalações - Engenharia ambiental.
2. Compostagem. 3. Bovinos de leite. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 636.30831

HIAGO HENRIQUE ROCHA ZANETONI

**CARACTERÍSTICAS DO AR E DA CAMA DE INSTALAÇÕES PARA
BOVINOS DE LEITE EM SISTEMAS *COMPOST BARN***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 22 de julho de 2019.

Hiago Henrique R. Zanetoni

Hiago Henrique Rocha Zanetoni
(Autor)



Ilda de Fátima Ferreira Tinoco
(Orientadora)

*A minha mãe, ao meu pai e a minha avó
Neuza, que mesmo de longe foram meu
sustento até aqui.*

OFEREÇO

*Ao meu avô Belino Zanetoni (in memoriam),
exemplo de honestidade e sabedoria mesmo
com pouco estudo.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, força maior, aos seus planos, pela vida e pelas oportunidades.

Ao meu pai, meu maior inspirador, a minha mãe, minha maior intercessora, por todo amor, paciência, dinheiro, sacrificio, ligações e incentivo de suma importância na minha vida.

A minha avó, por sua incessante oração pela minha vida, pelo seu amor e sua existência. A minha madrinha, por toda sua doçura como ser humano e por cada palavra. Ao meu irmão, que mesmo com seu jeito peculiar de ser, sempre me incentivou, pelo seu amor de irmão. A Priscila e Letícia, por todos os dias estarem comigo mesmo longe, pela ajuda mútua a não desistir, pelo nosso amor de irmãos.

A professora Ilda pela orientação e ensinamentos, minha gratidão.

Ao professor Baêta, por sua fundamental coorientação, pela compatibilidade de ideias e amizade.

A Monique, pela nossa amizade fortificada aqui nessa cidade, por dividir comigo momentos de alegria e tristeza, por toda ajuda, risadas e conversas, sempre presente na minha vida de Viçosa.

Ao Carlos, conterrâneo, pela ajuda na execução desta pesquisa, e pela sua boa vontade em sempre me ajudar desde o início.

A todas as amizades estabelecidas em Viçosa neste período, essas que por vezes aliviaram e somaram até aqui.

A todo o Ambagro, colegas e demais professores, destaco a professora Fernanda, sempre acessível e disposta, a todos pela divisão de conhecimento e toda ajuda prestada.

A CAPES, CNPq, FAPEMIG e FUNARBE pelo apoio financeiro a esta pesquisa e pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

ZANETONI, Hiago Henrique Rocha, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2019. **Características do ar e da cama de instalações para bovinos de leite em sistemas *compost barn***. Orientadora: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco. Coorientadores: Fernando da Costa Baêta e Matteo Barbari.

Os sistemas de confinamento de bovinos leiteiro demonstram serem opções para manejar o rebanho com maior conforto, podendo beneficiar a quantidade e a qualidade do produto final. O denominado *compost barn* é considerado um sistema de confinamento alternativo para bovinos de leite, atualmente em franca implantação no Brasil. Este sistema consiste em alojar os animais em galpões coletivos, nos quais os animais permanecem soltos, sobre uma camada de substrato higroscópico, denominada cama, distribuída sobre o piso interno. A particularidade do *compost barn* é o processo de compostagem aeróbia da cama, que é induzido pela periódica homogeneização, via revolvimento mecânico, dos dejetos animais associados ao substrato. Quando bem manejado, o sistema *compost barn* pode se tornar altamente viável, favorecendo a longevidade dos animais, a qualidade do leite e gerando um composto com poder fertilizante ao fim do processo. Um fator prioritário a ser observado é o controle da umidade da cama que, acima de determinados limites, pode afetar o sucesso do sistema e o processo de compostagem. O presente estudo teve por objetivo proceder à caracterização física, química e estudar o comportamento da umidade e concentração de amônia da cama em uso em sistemas *compost barn*, em diferentes tipologias construtivas. A investigação foi conduzida em dois galpões *compost barn*: a) fechado, com sistema de ventilação em modo túnel associado a resfriamento evaporativo; b) aberto com sistema de ventilação natural. Ambos, localizados no município de Cajurí – MG. Nas condições estudadas, o valor médio do pH das camas de ambos galpões se mostrou um indicativo da ocorrência de atividade microbiana nos materiais e que o tempo de uso da cama ocasiona aumento do pH. O valor do teor de água da cama foi maior no galpão fechado, com valores mais elevados nas seções onde a permanência dos animais foi maior. No galpão aberto o valor encontrado foi menor, mantendo abaixo da faixa recomendada para compostagem, o material de reposição apresentou menor valor de teor de água. O teor de matéria orgânica foi maior no galpão fechado, na seção onde a prevalência dos animais foi maior, o galpão aberto e o

material de reposição apresentaram valores menores. A relação C:N da cama dos galpões fechado e aberto foi baixa, indicando a necessidade de uma fonte adicional de carbono para favorecer a compostagem. Os teores de potássio e fósforo foram maiores na cama dos galpões, quando comparado ao material de reposição. Em ambos os galpões, os valores da umidade superficial da cama apresentam comportamento similar aos valores de umidade relativa do ar. E os valores da temperatura superficial da cama apresentam comportamento similar aos valores de temperatura do ar. No galpão fechado os valores de temperatura interna da cama tem comportamento similar aos valores de temperatura do ar. No galpão aberto ocorreu aumento dos valores de temperatura interna da cama ao longo do dia. O revolvimento da cama eleva a concentração de amônia no interior do galpão fechado, e não influencia a concentração de amônia no interior do galpão aberto.

Palavras-chave: Ambiência animal. Compostagem. Vacas leiteiras

ABSTRACT

ZANETONI, Hiago Henrique Rocha, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2019. **Air and litter characteristics of dairy cattle in compost barn systems.** Adviser: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco. Co-advisers: Fernando da Costa Baêta and Matteo Barbari.

Dairy cattle confinement systems prove to be options for managing the herd with greater comfort and may benefit the quantity and quality of the final product. The so-called compost barn is considered an alternative feedlot system for dairy cattle, currently underway in Brazil. This system consists of housing the animals in collective sheds, in which the animals remain loose, on a layer of hygroscopic substrate, called litter, distributed on the inner floor. The peculiarity of compost barn is the aerobic composting process of the litter, which is induced by the periodic homogenization, via mechanical revolving, of animal waste associated with the substrate. When properly managed, the compost barn system can become highly viable, favoring animal longevity, milk quality and generating a compost with fertilizer power at the end of the process. A priority factor to note is the control of bed moisture which, over certain limits, can affect system success and the composting process. The present study aimed to proceed to the physical and chemical characterization and to study the behavior of moisture and ammonia concentration of the bed in use in compost barn systems, in different constructive typologies. The investigation was conducted in two compost barn warehouses: a) closed, with a tunnel mode ventilation system associated with evaporative cooling; b) open with natural ventilation system. Both, located in the municipality of Cajurí - MG. Under the conditions studied, the average pH of the litter of both houses was indicative of the occurrence of microbial activity in the materials and that the use of litter causes an increase in pH. The value of the water content of the litter was higher in the closed shed, with higher values in the sections where the permanence of the animals was higher. In the open shed the value found was lower, keeping below the recommended range for composting, the replacement material presented lower value of water content. The organic matter content was higher in the closed house, in the section where the animal prevalence was higher, the open house and the replacement material presented lower values. The C: N ratio of the closed and open house litter was low, indicating the need for an additional carbon source to favor composting. Potassium and phosphorus contents

were higher in the shed litter when compared to the replacement material. In both houses, the surface moisture values of the litter show a similar behavior to the relative humidity values. And the bed surface temperature values behave similarly to the air temperature values. In the closed shed, the internal temperature values of the bed behave similarly to the air temperature values. In the open shed there was an increase in the internal temperature of the bed throughout the day. The revolving litter raises the ammonia concentration inside the closed shed and does not influence the ammonia concentration inside the open shed.

Keywords: Animal environment. Composting. Dairy cows

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
CAPÍTULO I.....	18
1.1 INTRODUÇÃO	21
1.2 METODOLOGIA.....	22
1.2.1 Caracterização da área experimental	22
1.2.2 Coleta das amostras de cama	23
1.2.3 Análises laboratoriais das amostras de cama.....	24
1.2.4 Análise dos dados.....	26
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
1.3.1 pH	26
1.3.2 Teor de água	28
1.3.3 Teor de matéria orgânica	29
1.3.4 Relação C:N	30
1.3.4 Teor de potássio e fósforo total	32
1.4 CONCLUSÃO.....	32
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
CAPÍTULO II.....	36
2.1INTRODUÇÃO.....	38
2.2 METODOLOGIA.....	39
2.2.1 Instrumentação e aquisição dos dados ambientais	40
2.2.2 Determinação do teor de água da cama.....	40
2.2.3 Determinação da temperatura da cama.....	41
2.2.4 Determinação da concentração de amônia	41
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
2.3.1 Comportamento das variáveis térmicas da cama e do ambiente	41

2.3.2 Concentração de amônia nos galpões.....	44
2.4 CONCLUSÕES	46
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

INTRODUÇÃO GERAL

A produção leiteira no Brasil é uma atividade de grande importância econômica, sendo que o país ocupa posição de destaque no cenário mundial. No ano de 2018, a produção leiteira brasileira foi de 35,7 milhões de toneladas, mantendo o país entre os maiores produtores mundiais de leite (FAO, 2019). Este cenário produtivo se deu a partir de investimentos significativos por parte dos produtores, em animais de alta carga genética, galpões confortáveis, insumos de boa qualidade e mão de obra especializada. As regiões Centro Oeste, Sudeste e Sul são responsáveis pelas maiores produções dentro do país, porém, dados mostram que o leite é produzido em todas as regiões do território nacional.

Contudo, os padrões raciais das vacas de alta produção, são originários de países de clima temperado, o que resulta em problemas de queda significativa de desempenho, quando estes animais são criados sob as condições de clima quente, como é o caso do Brasil. Assim, para que a bovinocultura de leite brasileira obtenha sempre resultados satisfatórios na produção, demanda-se, cada vez mais, dedicação e investimentos por parte dos produtores, de maneira a adaptarem sua atividade de forma a vencer os inúmeros desafios advindos das condições climáticas do país.

Entre os fatores passíveis de adequação, pode-se mencionar a seleção genética de raças mais tolerantes ao calor, readequação dos projetos, da estrutura física, manejo, entre outros, os quais podem interferir diretamente sobre o ambiente térmico e, conseqüentemente, sobre a produtividade do rebanho (Oliveira et al., 2017).

Fatores do ambiente térmico, como temperatura e umidade relativa do ar, são considerados como os principais elementos climáticos responsáveis pelo estresse por calor, que ocorre quando o animal não consegue dissipar o calor excessivo advindo do ambiente a partir de suas estratégias fisiológicas. Por consequência, há redução no consumo de alimentos e perda de produtividade, prejuízos estes que são recorrentes, principalmente em sistemas de produção nas regiões tropicais (Leão et al., 2015). Neste sentido, confinar vacas leiteiras demonstra ser uma oportunidade de manejar o rebanho com maior controle do ambiente e, por conseguinte, com maior conforto, permitindo altas taxas de produção de leite, favorecendo a qualidade

do produto final e a longevidade dos animais (Pereira et al., 2010), contudo, para isso é necessário mão de obra especializada e investimentos financeiros.

O galpão, nos sistemas de confinamento de bovino leiteiro, pode desempenhar papel importante na determinação ambiental, econômica e sustentável da pecuária leiteira (Rezelman, 1993). As técnicas construtivas e os materiais utilizados na edificação podem influenciar, em conjunto com equipamentos tecnológicos, sobre as condições microclimáticas no interior dos galpões (Kic, 2017).

Dentre as opções de confinamento de bovinos leiteiros, o sistema *compost barn* surgiu devido à árdua busca dos produtores por um sistema que integrasse a ideia do bem estar animal e de sustentabilidade. Em meados do ano de 2012, baseado no já praticado nos Estados Unidos da América, surge no Brasil esse tipo de confinamento de vacas leiteiras, inicialmente no estado de São Paulo, e desde então apresenta crescimento significativo, se expandindo para diversas regiões do país. A particularidade do sistema *compost barn* é o processo de compostagem aeróbia da cama, que é induzida pela periódica homogeneização dos dejetos animais associados à aeração da cama (Mota et al., 2017). Este sistema de criação tem permitido melhorias substanciais na limpeza dos animais e favorecendo a qualidade do leite, no caso da pecuária leiteira (Bewley et al., 2017). Outra grande vantagem deste sistema está relacionada ao aumento da longevidade das vacas (Leso et al., 2014). Pesquisas demonstraram que vacas alojadas em galpões do tipo *compost barn* possuem cascos e pernas mais saudáveis em comparação com o sistema convencional de estabulação livre, provavelmente devido às superfícies de concreto reduzidas e a menor presença de obstáculos (Kester et al., 2014).

O *compost barn*, é um sistema de criação alternativo de bovinos de leite, que se movimentam livremente sobre a área de cama, possibilitando que os mesmos possam expressar seus instintos e atinjam maiores índices de bem-estar animal (Leso et al., 2013). Neste sentido, favorecer o bem-estar animal pode resultar em melhor produtividade, menores custos de produção e redução do uso de medicamentos e antibióticos (Von Keyserlingk et al. 2009).

A instalação utilizada no sistema *compost barn*, consiste em um galpão, cuja área de descanso coletiva é recoberta por uma cama apta a abrigar os animais e receber os dejetos, sendo o corredor de alimentação e os bebedouros separados da

área de cama por uma parede e/ou um degrau de elevação (Ofner-Schröck et al., 2015). No *compost barn*, as vacas são providas desta área coletiva de cama para descansar, caminhar e demonstrar seus instintos.

O *compost barn* deve proporcionar um ambiente seco e confortável para os animais, espaço para que todos deitem de forma natural, além de possibilitar espaço para sua locomoção. A taxa de lotação ideal é em torno de 15 a 20 m² por animal (Endres, 2009). Ainda segundo o autor, menor densidade animal influi em menor necessidade de reposição da cama, sendo que a taxa de lotação recomendada possui total dependência do microclima do interior do galpão.

A cama, que é uma mistura de substrato orgânico (palhadas, cascas entre outros), e excrementos dos animais, requer um revolvimento mecânico periódico (em torno de 2 a 3 vezes ao dia), aproveitando o horário de ordenha. O revolvimento se dá há uma profundidade de 20 a 25 cm, a fim de incorporar os dejetos e favorecer a aeração da cama e a atividade metabólica dos microrganismos aeróbicos que agem na decomposição dos dejetos (Suler e Finstein, 1977). Assim é possível oferecer aos animais uma superfície seca e mais fresca, e manter uma condição de higiene no interior do galpão.

O material utilizado na cama deve possuir alta capacidade higroscópica, pequena granulometria e, preferencialmente, ser disponível na região do produtor, para reduzir os custos. Nos galpões, há uma demanda periódica por adição de substrato novo à cama, quando esta se torna úmida o suficiente para se aderir na superfície dos animais (Shane et al., 2010).

Conforme Pillati et al. (2017), as condições microclimáticas do galpão *compost barn* influenciam no conforto térmico e no bem-estar do animal e possui relação direta com a qualidade da cama. Desta forma, em condições elevada de umidade relativa do ar é necessário um sistema de ventilação eficiente para ajudar a manter a cama nos níveis adequados de umidade.

A temperatura interna da cama recomendada para o *compost barn* a uma profundidade de 15–30 cm varia de 44 a 65 °C e um teor ótimo de umidade de 40 a 60%. Para que ocorra uma compostagem eficiente a temperatura e o teor de umidade devem se manter dentro dos valores adequados (Bewley et al., 2017). A manutenção da temperatura entre 54 e 65 ° C por 3 a 4 dias pode até mesmo inativar alguns patógenos e vírus, destruir sementes de ervas daninhas e larvas de moscas e diminuir o odor (Stentiford, 1996).

O processo de compostagem que ocorre concomitantemente ao uso da cama pelos animais permite que os dejetos, fezes, urina e outras excreções, permaneçam armazenados na forma de substrato sólido por até 24 meses. Devido ao elevado teor de matéria orgânica, este substrato demonstra grande potencial para uso de fertilização do solo, em longo prazo esse, favorece a estrutura e a fertilidade do solo (de Boer, 2014).

Sendo assim, Brigatti (2014), ressalta que o sucesso do sistema *compost barn* é dependente, principalmente, do manejo da cama, que consiste em seu revolvimento, na adequada escolha do substrato, no tempo de reposição, no revolvimento aplicado, clima, manejo de ventilação, densidade animal, atividade microbiológica, entre outros fatores ambientais. Quando a compostagem é realizada de forma correta, ocorre aumento da temperatura da cama, com isso redução da sua umidade, favorecendo assim o processo de compostagem. Todas estas variáveis relativas à qualidade da cama interferem de maneira decisiva no sucesso do sistema *compost barn* para produção de leite.

Do exposto, sabendo-se que a umidade da cama afeta diretamente o manejo do sistema *compost barn*, impactando processo de compostagem, realizou-se o presente estudo, com o objetivo de caracterizar o material de cama em uso (características físicas e químicas), e estudar o comportamento da umidade e concentração de amônia da cama, em sistema de criação de gado de leite tipo *compost barn*, em galpões comerciais fechados dotados de sistemas de ventilação por pressão negativa em modo túnel, associado a resfriamento evaporativo e em galpões abertos com sistema de ventilação natural.

Explanando os resultados do presente estudo, a dissertação é apresentada em dois capítulos, assim intitulados:

- Capítulo I - Caracterização química e física da cama de galpões *compost barn*.
- Capítulo II - Condições térmicas da cama e concentrações de amônia no ambiente de galpões *compost barn* em diferentes tipologias construtivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEWLEY, J.M, ROBERTSON, L.M. & ECKELKAMP, E.A. 100-Year Review: Lactating dairy cattle housing management. **Journal of Dairy Science** 100(12), 10418-10431. 2017.

BRIGATTI, A. M. *Compost barn e a produtividade leiteira*. IEPEC.2014

DE BOER, H. On farm development of bedded pack dairy barns in the Netherlands – Nutrient balances and manure quality of bedding material. Report 709. Wageningen UR **Livestock Research**, Lelystad, NL. 2014.

ENDRES, M.I. Compost Bedded Pack Barns – Can They Work For You **WCDS Advances in Dairy Technology**, v.21 p. 271-279, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Milk and Products. Disponível em <http://www.fao.org/statistics/statistical-capacity-development/en>. Acesso em março/ 2019.

JANNI, K. A., M. I. ENDRES, J. K. RENEAU, AND W. W. SCHOPER. 2007. Compost dairy barn layout and management recommendations. **Applied Engineering in Agriculture**. 23(1): 97p. 2007.

KESTER, E., HOLZHAUER, M. & FRANKENA, K. 2014. A descriptive review of the prevalence and risk factors of hock lesions in dairy cows. **The Veterinary Journal** 222p. 2014.

KIC, P. 2017. Effect of construction shape and materials on indoor microclimatic conditions inside the cowsheds in dairy farms. **Agronomy Research** 15, 426p. 2017.

LEÃO, J.M.; LIMA, J.A.M.; PÔSSAS, F.P.; PEREIRA, L.G.R. Uso da termografia infravermelha na pecuária de precisão. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, n. 79, p. 97-109, 2015.

LESO, L., UBERTI, M., MORSHED, W. & BARBARI, M. A survey of Italian compost dairy barns. **Journal of Agricultural Engineering** 44(e17), 120 p. 2013.

LESO, L., UBERTI, M., MORSHED, W. & BARBARI, M. 2014. Cultivated pack barns improve longevity of dairy cows. **In: 18th World Congress of CIGR International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering**. Beijing, China, 162 p. 2014.

MOTA, V. C., CAMPOS, A. T., DAMASCENO, F. A., RESENDE, E. A. M., REZENDE, C. P. A., ABREU, L. R., VAREIRO, T. Confinamento para bovinos leiteiros: histórico e características. **PUBVET**, v. 11, p. 424-537, 2017.

OLIVEIRA, C. E. A., DAMASCENO, F. A., ARAÚJO, G., FERRAZ, S., DO NASCIMENTO, J. A. C., SILVA, E., FERREIRA, M. R. Geoestatística aplicada a distribuição espacial das condições térmicas e ruído em instalações *Compost barn* com diferentes sistemas de ventilação. **Ciência ET Praxis**, v. 9, n. 18, p. 41-48, 2017.

PEREIRA, E. S., PIMENTEL, P. G., QUEIROZ, A. C. & MIZUBUTI, I. Y. **Novilhas leiteiras**. Graphiti Gráfica e Editora Ltda, Fortaleza, Ceará. 2010.

PILATTI, J. A. O comportamento diurno e o bem-estar de vacas em sistema de confinamento *Compost barn*. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2017.

REZELMAN, J. A. **History of Barns**, The crooked lake review. 1993.

SHANE, .M.,ENDRES,M.I.,JANNI,K.A. Alternativebeddingmaterialsforcom- post beddedpackbarnsinMinnesota:adescriptivestudy. **Applied Engineering in Agriculture**.26, 465 p. 2010

STENTIFORD, E. I. Composting control: Principles and practice. **in The Science of Composting**, Part 1. M. de Bertoldi, P. Sequi, B. Lemmes, and T. Papi, ed. Blackie Academic and Professional, London, UK. 49 p. 1996.

SULER, D. J., AND M. S. FINSTEIN. Effect of temperature, aeration, and moisture on CO₂ formation in bench-scale, continuously thermophilic composting of solid waste. **Applied Engineering in Agriculture**. Microbiol. 334p. 1997

VON KEYSERLINGK, M.A.G., RUSHEN, , A.M. & WEARY, D.M. Invited review: The welfare of dairy cattle - Key concepts and the role of science. **Journal of Dairy Science** 92, 4101 4111. 2009.

CAPÍTULO I

Caracterização química e física da cama de galpões *compost barn*

Resumo: O confinamento de bovinos de leite em sistema *compost barn* constitui atividade potencialmente desafiadora e sustentável, pois os dejetos incorporados ao material de cama, quando submetidos à aeração mecânica que o sistema exige, desencadeiam processo de compostagem da mistura, a qual pode ser usada como fertilizante. Contudo, ainda são escassas as informações sobre a qualidade destas camas para o uso agrícola, sob as condições de operação do sistema no Brasil. Objetivou-se com o presente estudo caracterizar a cama, utilizada em galpões para bovinos de leite em sistema *compost barn* com tipologias construtivas distintas, sendo uma fechada e outra aberta. O estudo foi realizado em propriedade produtora de leite, localizada no município de Cajurí – MG. As amostras dos materiais de cama coletados foram submetidas às análises laboratoriais e quantificados o potencial hidrogeniônico (pH), o teor de água, o teor de matéria orgânica, a relação C:N (carbono:nitrogênio), o potássio e o fósforo total. Os dados foram analisados utilizando o software Sigmaplot® 12.0, a partir de mapas de distribuição espacial dos valores encontrados para as variáveis analisadas. Nas condições ambientais e temporais estudadas, pode-se verificar que o valor médio do pH das camas dos galpões fechado e aberto foi um indicativo da ocorrência de atividade microbiana nos materiais e que o tempo de uso da cama provoca o aumento deste. O valor médio do teor de água do galpão fechado foi maior, se mantendo ideal para o favorecimento da atividade microbiana, neste é observado valores mais elevados do teor de água em seções onde houve maior permanência dos animais. No galpão aberto o valor do teor médio de água esteve abaixo da faixa ideal, pode-se ser de interesse do produtor, já que menores teores de água favorece a salubridade dos animais e do ambiente. O material de reposição obteve o menor valor de teor de água. O teor de matéria orgânica médio foi maior no galpão fechado, na seção onde houve maior prevalência dos animais, conseqüentemente, onde houve maior deposição de excretas. O galpão aberto e o material de reposição apresentaram valor médio menor. A relação C:N da cama dos galpões fechado e aberto foi baixa, indicando a necessidade de uma fonte adicional de carbono para favorecer a compostagem. Apresentado os valores médios inversamente proporcionais aos

valores médios do teor de matéria orgânica. A cama de ambos os galpões obteve teores de potássio e fósforo maior do que o material de reposição.

Palavras-chave: Compostagem. Confinamento. Vacas leiteiras

Abstract: The confinement of dairy cattle in the compost barn system is a potentially challenging and sustainable activity, since the manure incorporated to the bedding material, when subjected to the mechanical aeration required by the system, triggers the composting process of the mixture, which can be used as fertilizer. . However, information on the quality of these beds for agricultural use is still scarce under the system's operating conditions in Brazil. The objective of this study was to characterize the litter used in sheds for dairy cattle in compost barn system with different constructive typologies, one closed and one open. The study was carried out in a dairy farm located in Cajurí - MG. The samples of the collected bedding materials were submitted to laboratory analysis and quantified hydrogen potential (pH), water content, organic matter content, C: N ratio (carbon: nitrogen), potassium and total phosphorus. Data were analyzed using Sigmaplot® 12.0 software, from spatial distribution maps of the values found for the analyzed variables. Under the environmental and temporal conditions studied, it can be verified that the average pH value of the closed and open shed beds was indicative of the occurrence of microbial activity in the materials and that the time of use of the litter causes its increase. The average value of the water content of the enclosed house was higher, remaining ideal for the favoring of microbial activity. In this case, higher values of water content were observed in sections where the animals remained longer. In the open shed the average water content value was below the ideal range, it may be of interest to the producer, since lower water content favors the health of animals and the environment. The replacement material obtained the lowest value of water content. The average organic matter content was higher in the closed shed, in the section where there was higher prevalence of animals, consequently, where there was greater deposition of excreta. The open shed and the spare material presented lower average value. The C: N ratio of the closed and open house litter was low, indicating the need for an additional carbon source to favor composting. The mean values are inversely proportional to the average values of organic matter content. The litter of

both houses had higher potassium and phosphorus contents than the replacement material.

Key-words: Composting. Feedlot. Dairy cow

1.1 INTRODUÇÃO

A produção de leite garante ao Brasil posição de destaque no cenário internacional, sendo uma atividade exercida em todo território nacional. Segundo a FAO (2019), no ano de 2018 a produção de leite brasileira ultrapassou 35 milhões de toneladas, sendo que o total de produção é crescente a cada ano. Este cenário se deu a partir de investimentos em animais de alta carga genética, insumos de boa qualidade, mão de obra especializada e galpões mais apropriados.

Em sistemas intensivos de produção de leite, o galpão tem a função de abrigar os animais e criar um microclima que favoreça a produção (Laloni, 1996). Dentre os sistemas intensivos de confinamento, destaca-se o *compost barn*, considerado uma alternativa muito interessante do ponto de vista sustentável. Consiste em alojar as vacas leiteiras em galpões, com piso de concreto ou terra batida, sobre o qual se deposita um substrato com propriedade higroscópica, com altura de cerca de 0,5 m (Janni et al., 2007). Sobre esta cama os animais defecam, urinam, permanecem soltos e caminham livremente. A particularidade deste sistema é que, ocorre o processo de compostagem aeróbia da cama, que é induzida pela periódica homogeneização dos dejetos dos animais associados à aeração rotineira da mesma (Mota et al., 2017).

O material da cama, além de ser higroscópico e propício ao conforto do animal, deve ser rico em carbono e ter disponibilidade e custo acessível (Damasceno, 2012). A cama, em uma profundidade de 0,2 a 0,3 m, deve ser revolvida frequentemente, com o auxílio de escarificadores, para promover a incorporação dos dejetos e favorecer a aeração da mesma, objetivando uma melhor atividade metabólica dos microrganismos aeróbicos que agem na decomposição dos dejetos.

De acordo com Brigatti (2014), o sucesso do sistema *compost barn* está intimamente ligado ao manejo da cama, natureza do material do substrato, tempo de reposição deste, condições climáticas e densidade animal. Uma compostagem correta propicia aumento da temperatura interna e conseqüente redução da umidade superficial da cama, possibilitando aos animais superfícies mais seca, confortável e livre de patógenos. Por outro lado, quando o manejo e o gerenciamento da cama são inadequados, normalmente observa-se aumento da sujidade dos animais, redução da qualidade do leite e maior risco de ocorrência de doenças (Black et al,

2013). Problemas na compostagem também podem trazer consequências negativas para a qualidade do ar dentro do galpão, aumentando o nível de gases tóxicos (Misra et al., 2003).

Na utilização da cama como adubo, segundo Damasceno et al. (2012), os teores de nitrogênio, fósforo e potássio do composto resultante constituem nutrientes necessários as plantas e, por isso, normalmente as suas concentrações agregam valor ao produto. Vale ressaltar que o material utilizado como cama, ao fim do processo, produz um fertilizante com alto potencial de matéria orgânica, capaz de melhorar a fertilidade do solo (Galama et al., 2011).

No estado de Minas Gerais tem sido frequente encontrar galpões *compost barn* totalmente abertos e outros fechados associados a resfriamento evaporativo, utilizando serragem ou maravalha de madeira e casca de café como substrato para a cama. Novos volumes destes materiais normalmente são acrescidos à cama em uso alternadamente, duas vezes ao mês, até atingir altura final de aproximadamente 0,7 m, possibilitando uma proporção 1:1 entre os materiais do substrato.

Como a literatura carece de informações sobre a condição destas camas para posterior uso, na adubação agrícola, o objetivo do presente estudo consistiu na caracterização química e física de camas em uso em dois galpões de bovinos de leite no sistema *compost barn*, com tipologias construtivas distintas, sendo uma fechada e outra aberta.

1.2 METODOLOGIA

1.2.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado em fazenda no município de Cajuri - MG, latitude 20° 46' 41''S, longitude 42° 48' 57''W e 670 m de altitude, cujo clima, de acordo com a classificação de Köppen, é caracterizado por inverno frio e seco e verão quente e úmido.

Para o experimento foram considerados galpões de produção de leite, do tipo *compost barn*, orientados no sentido leste-oeste, sendo um fechado, com sistema de resfriamento evaporativo, associado à ventilação por pressão negativa em modo túnel, e outro totalmente aberto, ventilado naturalmente e contando com um sistema de nebulização no corredor de alimentação.

O galpão fechado apresenta 55 m de comprimento, 14 m de largura e 5 m de pé direito, 0,8 m de beiral e cobertura de telhas de aço galvanizado. As faces laterais, leste e oeste, possuem fechamentos por cortinas fixas de polietileno. Em uma das extremidades do galpão encontram-se cinco exaustores, de 3,40 m de diâmetro e 1470 W de potência. Na extremidade longitudinal oposta, encontram-se os painéis porosos de celulose, os quais podem ser umedecidos por gotejamento, o que, em condições de temperaturas do ar elevadas e umidade relativa do ar baixa, favorecem o abaixamento da temperatura do ar de entrada. Neste galpão estão alojadas 75 vacas em fase de lactação, com 10,6 m²/animal.

O galpão aberto possui 25 m de comprimento, 14 m de largura, 5 m de pé direito, 1 m de beiral e cobertura de telhas de aço galvanizado. O sistema de nebulização do corredor de alimentação, sobre os animais, é composto por 8 bicos espaçados de 3,0 m e a 2,1 m do piso, com vazão de 60 L.h⁻¹. Neste galpão estão alojadas 25 vacas secas, com 14,0 m²/animal.

Ambos os galpões apresentam cama com oito meses de uso, constituída por casca de café e maravalha, na proporção 1:1, com aproximadamente 0,6 m de espessura. As camas são resultado de reposições contínuas, quinzenais e alternadas entre casca de café e maravalha. Duas vezes ao dia, como parte do manejo, ocorre o revolvimento da cama de forma mecânica, com o auxílio de um escarificador acoplado a um trator. O revolvimento ocasiona inversão das camadas de material, numa profundidade entre 0,15 a 0,20 m.

1.2.2 Coleta das amostras de cama

O processo de coleta das amostras das camas se deu no mês de outubro de 2018. Para tanto, foram definidos, aleatoriamente, pela técnica do caminhamento randômico, oito pontos de coleta na área de cama do galpão fechado e quatro pontos no galpão aberto (Figura 1). Para cada ponto randômico foram definidos outros cinco pontos ao entorno, obtendo assim uma amostra composta em cada ponto, a amostragem foi realizada também em profundidades diferentes (0 m e 0,2 m). Para caracterizar o material utilizado na reposição periódica da cama, coletou-se amostras do mesmo. Por fim, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos vedados, identificadas e transportadas em caixa térmica.

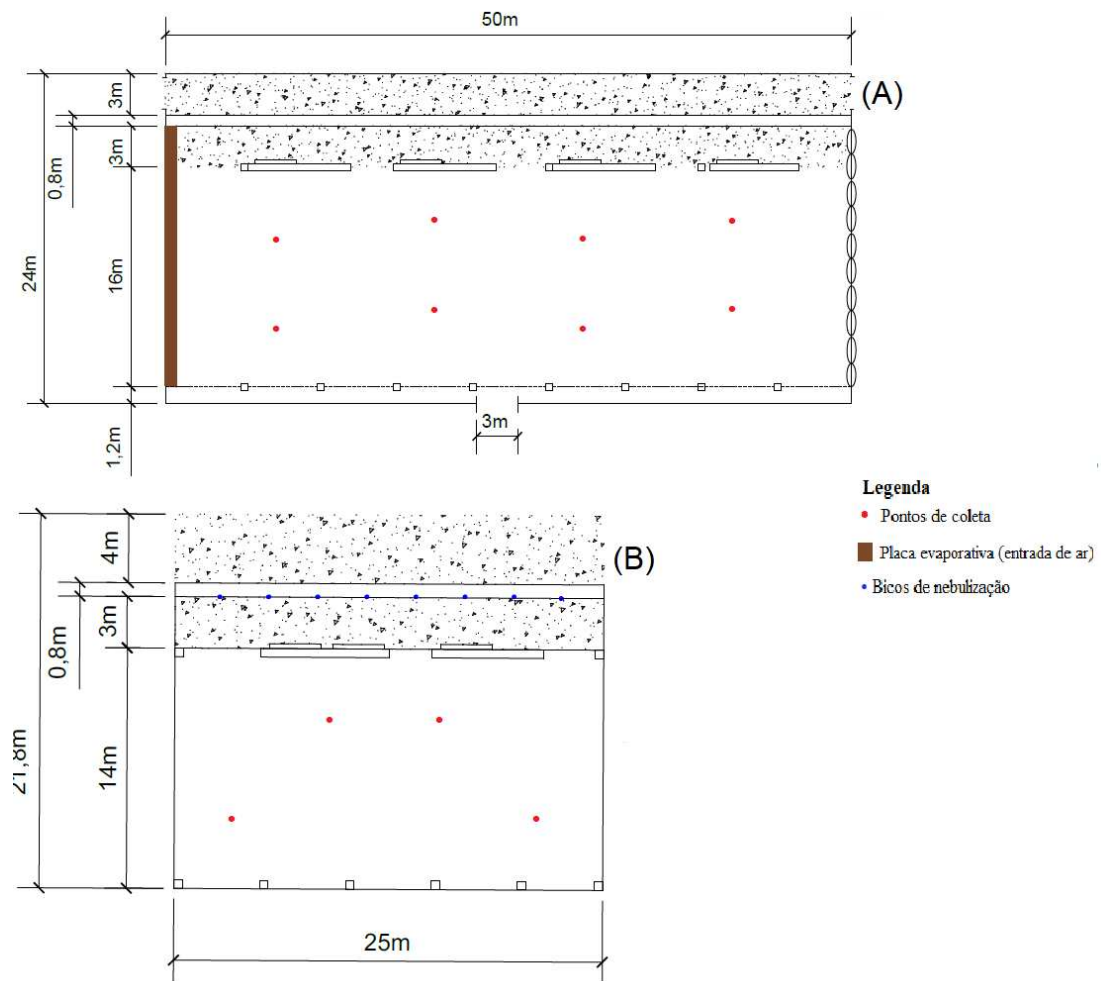


Figura 1 – Representação dos pontos de coleta de amostras de cama em uso no galpão fechado (A) e no galpão aberto (B).

1.2.3 Análises laboratoriais das amostras de cama

As análises foram realizadas no Laboratório de Digestão Anaeróbica, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola, e no Laboratório de Matéria Orgânica pertencente ao Departamento de Solos. As análises realizadas foram: potencial hidrogeniônico (pH), teor de água, teor de matéria orgânica, relação C:N (carbono orgânico total : nitrogênio total), potássio e fósforo total.

Determinação do pH

Os valores de pH das amostras foram determinados de acordo com a metodologia descrita por Apha (2012), para o qual foram utilizadas amostras de 10g de cama diluída em água destilada em uma proporção de 1:4 (cama:água). A mistura permaneceu em repouso por uma hora e, logo após, foi realizada a leitura utilizando um pHmetro digital de bancada, do fabricante *Tecnal*, modelo *TEC-5*.

Determinação do teor de água

Para a quantificação do conteúdo de água das amostras de cama, utilizou-se a metodologia citada em Brasil (2007). Para tanto, cadinhos de porcelana foram secos em forno de mufla a 550°C por 30 minutos, em seguida esfriados em dessecadores. Posteriormente, com o auxílio de uma balança de precisão, 20 gramas de cama foram pesados e transferidos para os cadinhos. Estas amostras foram secas por um período de 24 horas em temperatura de aproximadamente 105° C, esfriadas em dessecadores e novamente pesadas.

Com esses resultados foram determinados o teor de água das amostras em base seca (equação 1), através da equação:

$$\text{Teor de água}_{\text{(base úmida)}} = \left(\frac{M_u - M_s}{M_u - M_r} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

Teor de água_(base úmida) = conteúdo de água (%);

M_u = massa do material úmido + M_r (g);

M_s = massa do material seco + M_r (g);

M_r = massa do recipiente (g).

Determinação do teor de matéria orgânica

O teor de matéria orgânica foi obtido pela diferença entre o peso da amostra e o peso da matéria mineral. Já o teor de matéria mineral foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2004).

Para tanto, a amostra pesada em balança de precisão e acondicionada em cadinhos, previamente secos e esfriados em dessecadores, permaneceram em forno de mufla a aproximadamente 70 °C por um período de 2 horas, para a incineração da matéria seca. Feito isso, as amostras permaneceram em um dessecador e posteriormente foram pesadas.

Obtenção do teor de carbono orgânico

A determinação do teor de carbono orgânico total se deu através da aplicação do fator de *Bemmelen*, de acordo com Kiehl (1985), o fator descrito tem valor de 1,8.

Obtenção do teor de nitrogênio

O teor de nitrogênio total foi obtido através da digestão com ácido sulfúrico da amostra, de massa de 0,2 g, destilação em meio alcalina e posterior titulação, conforme a metodologia aplicada por Marques et al. (2013).

Determinação da relação C:N

A relação C:N (carbono:nitrogênio) foi obtida através da divisão da percentagem de carbono orgânico total da amostra pela percentagem do nitrogênio total da amostra, conforme descrito por Tedesco et al. (1995).

Determinação do teor de potássio e fósforo total

Os valores de potássio total (K) e fósforo total (P) foram quantificados seguindo a metodologia descrita em Apha (2012) por método volumétrico. As amostras foram digeridas (digestão nítrico-perclórica), e posteriormente houve a determinação dos valores em fotômetro de chama do fabricante *Analyser*, modelo 900, para o potássio, e espectrofotômetro digital do fabricante *Coleman*, modelo 33 – D para o fósforo.

1.2.4 Análise dos dados

Os dados foram analisados de forma descritiva utilizando o software SIGMAPLOT® 12.0 (Systat Software, Inc., San Jose, CA, USA), e apresentados a partir de mapas de distribuição espacial dos valores encontrados para as variáveis analisadas.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 pH

Na Figura 2 observa-se, especialmente a variabilidade os valores de pH da cama do galpão fechado (A) e do galpão aberto (B), respectivamente. Os galpões foram divididos em seções, definidas ao longo do comprimento dos galpões, no sentido da ventilação predominante.

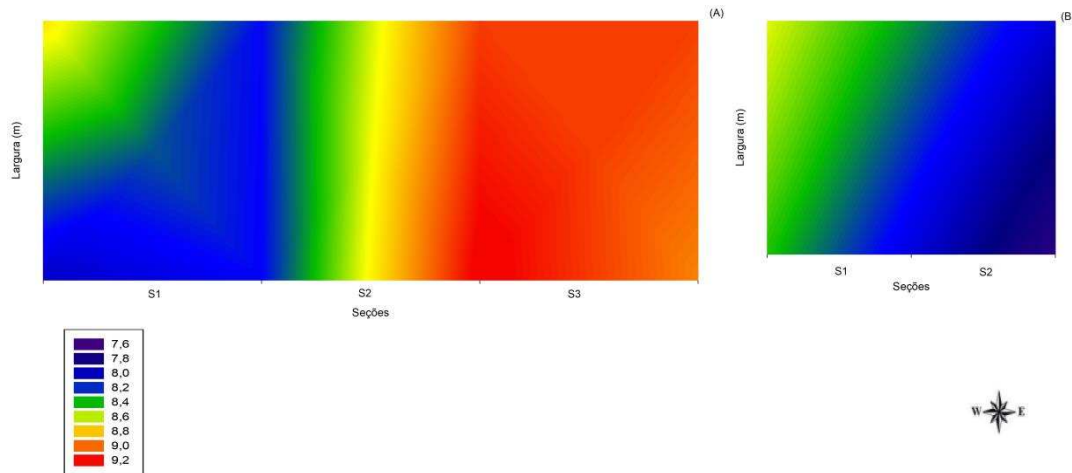


Figura 2 – Mapas de pH para os galpões fechado (A) e aberto (B).

Tabela 1 – Médias e desvio padrão dos valores de pH nos materiais analisado, cama do galpão fechado, aberto de reposição, respectivamente.

pH				
	Quantidade de amostras	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de variação (%)
Galpão fechado	8	8,67	0,502	5,79
Galpão aberto	4	8,12	0,317	3,90
Material de reposição	4	4,55	0,214	4,70

Os valores médios de pH encontrados estão apresentados na Tabela 1. Para o galpão fechado foi de 8,67 e para o aberto 8,12 demonstrando, assim, a alcalinidade dos materiais. Já no material de reposição o valor médio de pH obtido foi 4,55. Para Graves et al. (2000), valores de pH na faixa de 6,5 a 8,0 favorece a atividade microbiana e, na fase final do processo de compostagem, o pH tende a valores próximos a 9. Sendo assim, os valores encontrados nos galpões, fechado e aberto, é um indicativo de que há atividade microbiana nos materiais de cama e que a compostagem pode estar na fase próxima à maturação.

Quando comparado com o valor de pH do material utilizado na reposição da cama, houve um aumento de 52,4% no galpão fechado e de 56,03% no galpão aberto Tal acréscimo pode indicar a ocorrência do processo de decomposição nos

materiais utilizados como cama no sistema de criação em estudo. Tal acréscimo pode ser atribuído ao tempo de utilização da cama, que pode ocasionar maior incorporação de nitrogênio no material, elevando o pH da cama.

1.3.2 Teor de água

Na Figura 3, observa-se grande variabilidade nos valores do teor de água da cama ao longo do comprimento do galpão fechado (Figura 7 A), e basicamente nenhuma variabilidade para o galpão aberto (Figura 7 B).

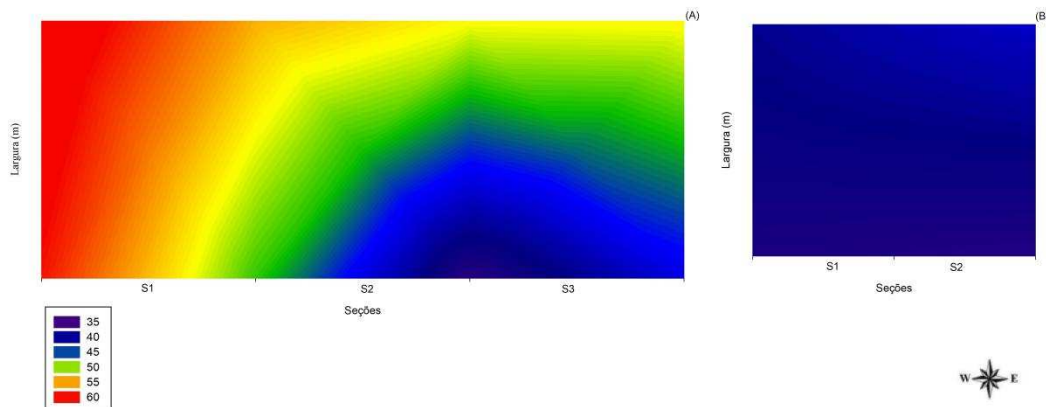


Figura 3 – Mapas da distribuição do teor de água da cama do galpão fechado (A) e do galpão aberto (B).

No galpão fechado ocorre uma redução do teor de água, no sentido da seção 1 para a seção 3. Valores maiores de teor de água na seção 1 podem ser atribuídos ao fato da maior permanência dos animais neste local, devido à condição mais amena de temperatura e maior velocidade do ar encontrada nesta área, ocorrendo assim maior deposição de excretas, material rico em água, contribuindo para o aumento do teor de água nesta seção. No galpão aberto a variabilidade nos valores do teor de água é baixa.

Tabela 2 – Médias e desvio padrão dos valores de teor de água nos materiais analisado, cama do galpão fechado, aberto de reposição, respectivamente.

Teor de água				
	Quantidade de amostras	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de variação (%)
Galpão fechado	8	50,95	8,620	19,91
Galpão aberto	4	38,95	1,883	4,82

Material de reposição	4	33,34	1,701	5,09
-----------------------	---	-------	-------	------

Os valores médios do teor de água da cama encontrados nos dois galpões e no material de reposição são apresentados na Tabela 2. O teor de água obtido para o galpão fechado foi 50,95%, para o aberto 38,95% e 33,34% para o material de reposição. O material de reposição foi mais seco do que a cama de ambos os galpões, proporcionando assim maior absorção dos dejetos. Os valores do teor de água da cama encontrado no galpão fechado estão de acordo com Bewley et al. (2017), que relatam que para uma compostagem eficiente o conteúdo de água da cama deve estar entre 40 e 60 %. Fato não observado para o galpão aberto. Este resultado pode ser justificado pelo fato de que um dos interesses ao se fazer a reposição da cama, num primeiro momento, é de exatamente abaixar a umidade da mesma a níveis que confirmam salubridade ao ambiente e redução de sujidades nos animais.

1.3.3 Teor de matéria orgânica

Na Figura 4 pode-se verificar o teor da matéria orgânica e sua distribuição ao longo dos galpões fechado e aberto, respectivamente.

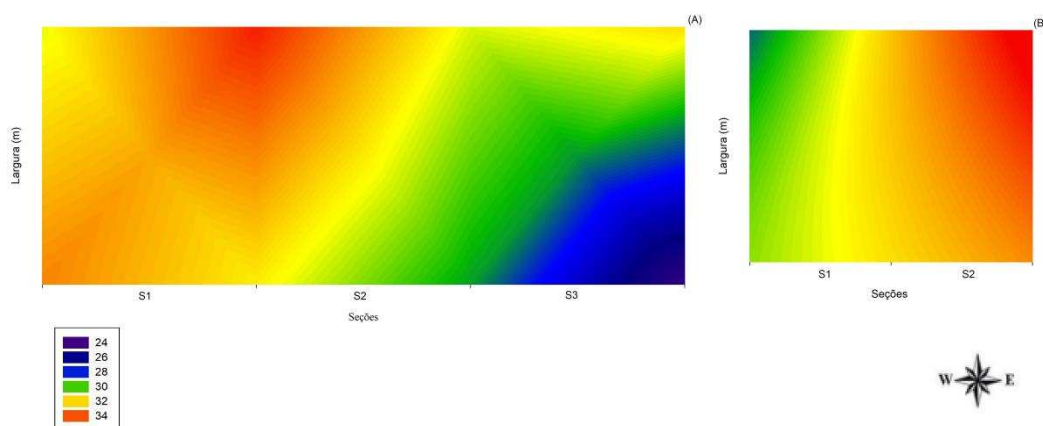


Figura 4 – Mapas da distribuição do teor de matéria orgânica da cama do galpão fechado (A) e do galpão aberto (B).

Com base na Figura 4, a seção 1 do galpão fechado demonstra maiores valores de teor de matéria orgânica, nesta seção observou-se a maior permanência dos animais, devido às condições ambientais mais favoráveis, assim nesta seção

ocorreu maior deposição de urina e fezes dos animais, conseqüentemente, contribuindo para a elevação do teor de matéria orgânica neste galpão.

Tabela 3 – Médias e desvio padrão dos valores de teor de matéria orgânica nos materiais analisado, cama do galpão fechado, aberto de reposição, respectivamente.

Teor de matéria orgânica				
	Quantidade de amostras	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de variação (%)
Galpão fechado	8	32,90	3,078	9,96
Galpão aberto	4	30,80	1,828	5,71
Material de reposição	4	21,40	2,124	9,92

A Tabela 3 apresenta o valor médio do teor de matéria orgânica nos galpões fechado, aberto e no material de reposição, respectivamente. O teor de matéria orgânica médio no galpão fechado foi de 32,9%, no galpão aberto 30,8% e no material de reposição da cama 21,4%. Segundo Kiehl (1985), substratos mais úmidos normalmente apresentam teor de matéria orgânica mais elevado, fato este observado, a cama do galpão fechado se mostra mais úmida do que os demais, apresentando, assim, maior teor de matéria orgânica. E, o material de reposição, que possui o menor teor de matéria orgânica, também é o material mais seco.

1.3.4 Relação C:N

A Figura 5 mostra especialmente os valores da relação C:N da cama do galpão fechado e do galpão aberto, respectivamente.

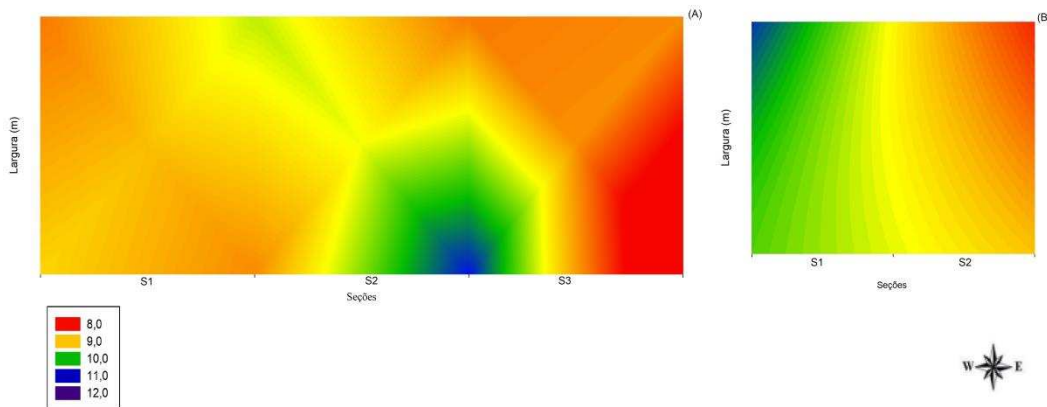


Figura 5 – Mapas da distribuição dos valores da relação C:N da cama do galpão fechado (A) e do galpão aberto (B).

Os valores da relação C:N das camas dos galpões fechado (A) e aberto (B), de forma geral, apresentam grande variabilidade ao longo das seções. Analisando a seção 1 do galpão fechado (Figura 5 A), local de maior permanência dos animais e conseqüentemente maior deposição de dejetos, nesta a relação C:N apresenta valores baixos, quando comparada as demais seções deste galpão, isso em função da maior deposição de dejetos, fezes e urina, que são ricos em nitrogênio, e o aumento de nitrogênio em uma dada amostra acarreta na redução da relação C:N da mesma (Changirath et al., 2011).

Tabela 4 – Médias e desvio padrão dos valores de relação carbono:nitrogênio (C:N) nos materiais analisado, cama do galpão fechado, aberto de reposição, respectivamente.

Relação C:N				
	Quantidade de amostras	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de variação (%)
Galpão fechado	8	8,85	1,010	11,41
Galpão aberto	4	10,65	0,592	5,55
Material de reposição	4	16,62	1,626	9,78

A media dos valores da relação C:N obtida neste estudo, e contida na Tabela 4, foi de aproximadamente 9:1 no galpão fechado, 11:1 no galpão aberto e 16:1 no

material de reposição. Presume-se que a razão da menor média na relação C:N ter sido obtida no galpão fechado seja devido ao elevado teor de nitrogênio encontrado nas amostras do mesmo. Russele et al. (2009) relatam valores de 10:1 a 20:1 para relação C:N em galpões *compost barn*. Neste sentido, valores próximos a 10:1 foram observados nos galpões.

De acordo com Diaz et al. (1993), para uma boa compostagem a relação C:N deve ser de 25:1 a 30:1, sendo que valores abaixo disso podem levar o material a emitir odor de amônia, podendo influenciar na concentração de amônia no interior do galpão. Em geral, as médias obtidas neste estudo se encontram abaixo do valor indicado, mostrando a necessidade de uma fonte adicional de carbono para elevar essa relação e obter valores mais próximos ao ideal.

1.3.4 Teor de potássio e fósforo total

Os valores médios de potássio e fósforo da cama dos galpões aberto e fechado são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Teores médios de potássio e fósforo presentes nas camas (g/dm^3 de matéria total) dos galpões aberto e fechado, respectivamente.

	Quantidade de amostras	Potássio total (K)	Fósforo total (P)
Galpão fechado	8	6,13	0,23
Galpão aberto	4	7,48	0,49
Material de reposição	4	2,11	0,02

De acordo com a Tabela 5, os teores de potássio e fósforo total são maiores nos dois galpões quando comparados ao material de reposição. Orrico et al. (2007) observam que o aumento de matéria orgânica do material em compostagem eleva o teor de nutrientes do mesmo, tal comportamento se assemelha aos resultados obtidos neste estudo.

1.4 CONCLUSÃO

Nas condições ambientais e temporais estudadas, pode-se verificar que o valor médio do pH das camas dos galpões fechado e aberto foi um indicativo da ocorrência de atividade microbiana nos materiais e que o tempo de uso da cama provoca o aumento deste.

O valor médio do teor de água do galpão fechado foi maior, se mantendo ideal para o favorecimento da atividade microbiana, neste galpão é observado valores mais elevados do teor de água em seções onde ocorreu maior permanência dos animais. No galpão aberto o valor encontrado esteve abaixo da faixa ideal, este valor pode ser de interesse, já que teores de água menores favorece a salubridade dos animais e do ambiente. O material de reposição obteve o menor valor de teor de água.

O teor de matéria orgânica médio foi maior no galpão fechado, na seção onde houve maior prevalência dos animais, conseqüentemente, onde houve maior deposição de excretas. O galpão aberto e o material de reposição apresentaram valor médio menor.

A relação C:N da cama dos galpões fechado e aberto foi baixa, indicando a necessidade de uma fonte adicional de carbono para favorecer a compostagem. Apresentado os valores médios inversamente proporcionais aos valores médios do teor de matéria orgânica.

Os teores de potássio e fósforo foram maiores no material de cama dos galpões, quando comparado ao material de reposição.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd edition, **American Public Health Association**, Washington D.C. p.1496. 2012.

BEWLEY, J.M, ROBERTSON, L.M. & ECKELKAMP, E.A. A 100-Year Review: Lactating dairy cattle housing management. **Journal of Dairy Science** 100(12), 10418 10431. 2017.

BLACK, R.A.; TARABA, J.L.; DAY ,G.B.; DAMASCENO, F.A.; BEWLEY, J.M. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, 8060-74, 2013.

BRASIL – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos**. Brasília. p. 141. 2007.

BRIGATTI, A. M. **Compost barn e a produtividade leiteira**. IEPEC. 2014.

DAMASCENO, F. A. **Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model**. p. 391. 2012.

DIAZ, L. F.; SAVAGE, G. M.; EGGERTH, L. L.; GOLUEKE, C. G. Composting and Recycling. Municipal Solid Waste. **Lewis Publishers**, USA. v. 33, p. 127-180, 1993.

GALAMA, P., BOKMA, S., VAN DOOREN, H. J., OUWELTJES, W., SMITS, M. & VAN DRIEHUIS, F. **Prospects for bedded pack barns for dairy cattle**. Wageningen UR Livestock Research. 2011.

GRAVES,R.E.; HATTEMER, G.M.; STETTLER, D.; KRIDER,J.N.; CHAPMAN,D. Composting. In: united States Departament of Agriculture, natural resources conservation service. Part 637 **Environmental Engineering – National Engineering Handbook**. Washington. p.88. 2000.

JANNI, K. A.; ENDRES, M. I.; RENEAU, J. K.; SCHOPER, W. Compost dairy barnlayout and management recommendations. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 23, p.97. 2007.

- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 492 p., 1985.
- LALONI, L.A. **Correção do índice de temperatura equivalente (ETI) para gado leiteiro em regime semi-estabulado**. Dissertação: Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1996.
- MARQUES, R. V.; AZAMBUJA, H. G. P.; PERIUS, D. B.; BITTENCOURT, G. A.; MONCKS, R. B.; CORRÊA, E. K.; SANTO, M. L. P. E. Canned Anchoita (*Engraulis Anchoita*): Technological Process and Sensory Analysis – an Alternative for Human Feed. **American Journal of Food Science and Technology**, v. 1, n. 3, p. 18, 2013.
- MISRA, R. V., R. N. ROY, AND H. HIRAOKA. On-farm composting methods. **Food and Agriculture Organization**, United Nations, Rome, Italy.2003.
- MOTA, V. C., CAMPOS, A. T., DAMASCENO, F. A., RESENDE, E. A. M., REZENDE, C. P. A., ABREU, L. R., VAREIRO, T. Confinamento para bovinos leiteiros: histórico e características. **Pubvet**, v. 11, p. 424, 2017.
- ORRICO, A.C.A.; LUCAS JUNIOR, J.; ORRICO JUNIOR, M.A.P. Alterações físicas e microbiológicas durante a compostagem dos dejetos de cabras. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.764, 2007.
- RUSSELLE, M. P.; BLANCHET, K. M.; RANDALL, G. W.; EVERETT, L. A. Characteristics and nitrogen value of stratified bedded pack dairy manure. Online. **Crop Management**. 2009.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 235 p. 2004.
- TEDESCO, J. M.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de solos da faculdade de Agronomia, UFRGS, 174 p., 1995.

CAPÍTULO II

Condições térmicas da cama e concentrações de amônia no ambiente de galpões *compost barn* em diferentes tipologias construtivas

Resumo: As condições microclimáticas do galpão *compost barn* influenciam no conforto térmico e bem-estar dos animais e possui relação direta na qualidade da cama resultante. Buscando compreender as variáveis térmicas do ambiente e da cama do sistema *compost barn*, para um bom manejo do sistema e eficiência da compostagem, objetivou-se com o presente estudo analisar o comportamento das variáveis umidade e temperatura da cama e o teor de amônia no ambiente em diferentes tipologias construtivas e condições ambientais, na região da Zona da Mata Mineira. O estudo foi desenvolvido após o monitoramento das variáveis térmicas do ambiente (temperatura e umidade relativa do ar) e das variáveis térmicas da cama (temperatura superficial, temperatura interna e umidade) em duas instalações para criação de bovinos de leite no sistema *compost barn*, sendo um galpão aberto e outro galpão fechado, pertencentes à mesma propriedade produtora. As variáveis térmicas do ambiente foram monitoradas em tempo real com sensores registradores, tipo *Hobo*. As temperaturas, superficial e interna da cama, foram registradas com uma câmera térmica, e a umidade da cama obtida pelo método laboratorial. A concentração de amônia foi obtida com uso de um medidor de gases. Em ambos os galpões (fechado e aberto), os valores da umidade superficial da cama tiveram seu comportamento similar ao comportamento dos valores da umidade relativa do ar, sendo menor pela manhã e à noite e mais elevada à tarde. Nos galpões avaliados os valores de temperatura superficial da cama teve seu comportamento, ao longo do dia, similar ao comportamento da temperatura do ar, sendo menores pela manhã e à noite e maiores à tarde. No galpão fechado, os valores da temperatura interna da cama, apresentam um comportamento similar aos valores de temperatura do ar, com maiores valores à tarde, enquanto que no galpão aberto, houve aumento relativo dos valores de temperatura interna da cama ao longo do dia. Verificou-se que o revolvimento da cama promoveu elevação da concentração de amônia do ar no galpão fechado, já para o galpão aberto o revolvimento não influenciou na concentração de amônia.

Palavras-chave: Ambiência animal. Bovino de leite. Umidade da cama

Abstract: The microclimate conditions of the compost barn house influence the thermal comfort and welfare of the animals and has a direct relationship on the quality of the resulting litter. In order to understand the thermal and environmental variables of the compost barn system, for a good management of the system and the efficiency of composting, this study aimed to analyze the behavior of the variables humidity and temperature of the bed and the ammonia content in the environment. in different constructive typologies and environmental conditions, in the Zona da Mata Mineira region. The study was carried out after monitoring the thermal variables of the environment (temperature and relative humidity) and the thermal variables of the litter (surface temperature, internal temperature and humidity) in two facilities for rearing dairy cattle in the compost barn system. an open shed and another closed shed, belonging to the same producing property. The thermal variables of the environment were monitored in real time with recording sensors, like Hobo. The superficial and internal temperatures of the bed were recorded with a thermal camera and the humidity of the bed obtained by the laboratory method. Ammonia concentration was obtained using a gas meter. In both houses (closed and open), the surface moisture values of the litter had their behavior similar to the behavior of the relative humidity values, being lower in the morning and evening and higher in the afternoon. In the evaluated sheds the surface temperature values of the litter had its behavior, throughout the day, similar to the air temperature behavior, being lower in the morning and evening and higher in the afternoon. In the closed house, the values of the internal temperature of the bed, presented a behavior similar to the air temperature values, with higher values in the afternoon, while in the open house, there was a relative increase of the internal temperature of the bed throughout the day. It was verified that the revolving of the bed promoted an increase of air ammonia concentration in the closed shed, while for the open shed the revolving did not influence the ammonia concentration.

Key-words: Animal ambience. Dairy cattle. Litter moisture

2.1 INTRODUÇÃO

Produzir leite em localidades de clima quente torna-se uma atividade desafiadora, pois os animais produtores são susceptíveis ao clima e tem seu potencial produtivo afetado quando sofre estresse devido às elevadas temperaturas (Oliveira et al., 2017). Os fatores do ambiente térmico, como temperatura e umidade relativa do ar, são considerados os principais elementos climáticos responsáveis pelo estresse animal por calor, que ocorre quando o animal não consegue dissipar o calor excessivo advindo do ambiente a partir de suas funções fisiológicas. Por consequência, têm-se uma redução no consumo alimentar e perda de produtividade, prejuízos que são encontrados principalmente em sistemas de produção nas regiões tropicais (Leão et al., 2015). Um dos objetivos do confinamento de vacas em lactação em condições tropicais é diminuir ou restringir, ao máximo, o efeito do ambiente adverso sobre elas (Nääs, 1999). Nos sistemas de confinamento, uma instalação bem projetada, com ventilação adequada, cama bem manejada e densidade de animais correta são fatores importantes para o bom funcionamento do mesmo (Bewley, 2017).

O *compost barn* é um sistema de confinamento de bovinos de leite advindo dos EUA e em crescente implantação no território brasileiro, constituindo-se uma alternativa sustentável de criação e que preserva o bem-estar, favorecendo também a longevidade e a saúde dos animais alojados (Black et al., 2013). Neste sistema, as vacas circulam, defecam e urinam livremente sobre piso forrado com o substrato de cama, espalhado sucessivamente por toda a extensão da área coletiva de descanso do galpão e sofre compostagem, processo este induzido pela frequente deposição das excretas dos animais e aeração mecânica da cama.

Conforme Pillati et al. (2017) as condições microclimáticas do galpão *compost barn* influenciam no conforto térmico e bem-estar do animal e possui relação direta na qualidade da cama. No entanto, é necessário um sistema de ventilação eficiente para ajudar a manter a cama em níveis adequados de umidade para os animais. O teor de água e a presença de oxigênio são de fundamental importância para a ativação da atividade microbológica da cama, desencadeando o processo de compostagem do material. A eficiente degradação do material ocorre quando o teor de água e a temperatura do material permanecem em condições ideais, requerendo assim atenção e controle para que ocorra a compostagem. Em

condições ideais, os microrganismos são capazes de degradar o material e produzir calor, por isso as variáveis térmicas da cama são ótimos indicadores da eficiência do processo de compostagem (Klass et al., 2010). Problemas na compostagem, além de comprometer a qualidade do composto final, podem causar a contaminação do ar devido a liberação de gases tóxicos (Misra et al., 2003), como por exemplo, a amônia, que pode causar danos a saúde dos animais e trabalhadores.

Buscando compreender formas de controle da cama do galpão *compost barn*, para a eficiência da compostagem e o bom manejo dos animais, objetivou-se com o estudo analisar o comportamento dos valores de umidade, temperatura do ar e teor de amônia do ar, em diferentes galpões *compost barn* na região da Zona da Mata mineira.

2.2 METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido durante o mês de outubro de 2018, em uma unidade de produção de leite no município de Cajuri – MG, com altitude de 670 m, latitude 20° 46' 41''S e longitude 42° 48' 57''W. O clima da região é caracterizado por inverno frio e seco e verão quente e úmido, segundo a classificação de Köppen.

A unidade de produção conta com dois galpões de produção, um fechado e outra aberto, orientados no sentido leste-oeste. O galpão fechado 75 vacas em fase de lactação e o aberto 25 vacas em fase seca.

O galpão fechado possui 55 m de comprimento, 14 m de largura, 5 m de pé direito e 800 m² de área de cama. O telhado é em duas águas, estrutura metálica e telhas de aço galvanizado, com beirais de 0,8 m. As faces leste e oeste dotadas de cortinas, que se mantem fechadas todo tempo. A ventilação é em modo túnel, com resfriamento adiabático evaporativo composto por painel umedecido e cinco exaustores, com potência individual de 1470 W e 3,40 m de diâmetro. O galpão aberto apresenta 25 m de comprimento, 14 m de largura, 5 m de pé direito e uma área de 350 m² de cama. O telhado também é em duas águas, estrutura metálica com telhas de aço galvanizado e beirais de 1 m. Neste galpão, a ventilação ocorre de forma natural, o galpão apresenta um sistema de aspersão de água localizado acima do corredor de alimentação.

A cama, com aproximadamente oito meses de uso e 0,7 m de altura, é constituída por casca de café e maravalha, na proporção 1:1. A sua constituição foi a

partir de sucessivas reposições, duas vezes ao mês, conforme necessidade, para minimizar a aderência da mesma na superfície do animal. Durante o período de coleta de dados não ocorreu reposição da cama nos galpões.

As coletas de amostras e de dados foram realizadas em três dias e em três períodos, manhã, tarde e noite. Para a coleta de amostras de cama, oito pontos de coletas foram definidos aleatoriamente no galpão fechado e quatro pontos no galpão aberto. As amostras foram levadas ao laboratório e submetidas à análise em no máximo 8 horas após a coleta.

2.2.1 Instrumentação e aquisição dos dados ambientais

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar no interior dos galpões foram coletados com sensor registrador *Hobo*, modelo *U14-001*, com precisão 0,01, posicionados a 1,2 m acima da cama, em três pontos equidistantes na linha central do galpão fechado e em dois pontos no galpão aberto, a fim de representar a condição interna de cada um dos galpões. O registro dos dados, com intervalo de 1 minuto, ocorreu de forma contínua (24 horas) durante os dias considerados.

Para o monitoramento das condições externas de temperatura e umidade relativa do ar, foi instalado um abrigo meteorológico, próximo aos galpões, dotado também de um equipamento *Hobo*, similar aos utilizados no interior dos galpões.

2.2.2 Determinação do teor de água da cama

Para a quantificação do teor de água das amostras de cama, utilizou-se a metodologia citada em Brasil (2007). Para tanto, cacinhos de porcelana foram secos em forno de mufla a 550°C por 30 minutos, em seguida esfriados em dessecadores. Posteriormente, com o auxílio de uma balança de precisão, 20 gramas de cama foram pesados e transferidos para os cacinhos. Estas amostras foram secas por um período de 24 horas em temperatura de aproximadamente 105° C, esfriadas em dessecadores e novamente pesadas.

Com esses resultados foram determinados o teor de água das amostras em base seca (equação 1), através da equação:

$$\text{Teor de água (base úmida)} = \left(\frac{M_u - M_s}{M_u - M_r} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

Teor de água _(base úmida) = conteúdo de água (%);

M_u = massa do material úmido + M_r (g);

M_s = massa do material seco + M_r (g);

M_r = massa do recipiente (g).

2.2.3 Determinação da temperatura da cama

A temperatura da superfície da cama foi obtida utilizando-se uma câmera térmica da marca *Flir* modelo *TG165*, de amplitude -25 a 380 °C, precisão de $\pm 1,5$ °C, posicionada a 0,30 m do alvo, conforme metodologia utilizada por Eckelkamp et al. (2016). A temperatura interna da cama, a 0,20 m de profundidade, foi obtida utilizando-se o mesmo equipamento, após escavação da mesma.

2.2.4 Determinação da concentração de amônia

A concentração de amônia foi mensurada em dezoito pontos pré-determinados aleatoriamente sobre a área de cama, nas alturas de 0 m e 1,2 m a partir da cama. A coleta dos dados se deu antes e imediatamente após o revolvimento da cama. Para tanto foi utilizado o sensor *Gas Alert Extreme NH3 Detector*, modelo *BW-128256L3* da marca *BW Technologies*.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Comportamento das variáveis térmicas da cama e do ambiente

Os resultados das variáveis em estudo, temperatura do ar, temperatura superficial da cama, temperatura interna da cama, umidade relativa do ar e umidade da cama estão apresentados, em função de horas do dia, na Figura 1 para os galpões estudados (aberto e fechado) e ambiente externo também avaliado.

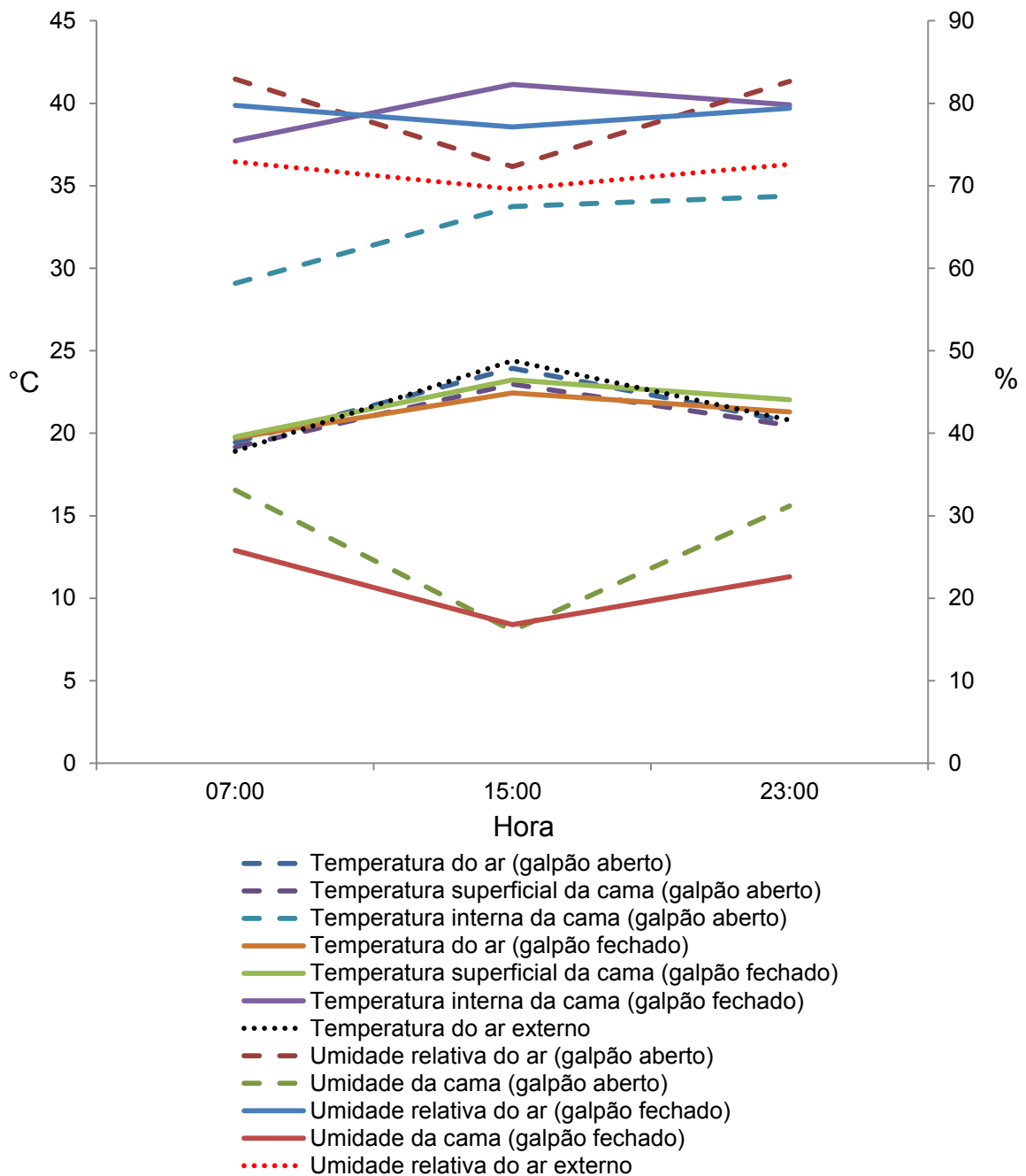


Figura 1 – Resultados de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), temperatura superficial da cama ($^{\circ}\text{C}$), temperatura interna da cama ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%) e umidade superficial da cama (%) em função da hora do dia, para os galpões estudados e ambiente externo.

Observando a Figura 1, em ambos os galpões, verifica-se que a umidade relativa do ar foi maior no período da manhã e da noite, e valores menores foram registrados próximo de 15 horas, comportamento inverso ao observado para a variável temperatura do ar, conforme esperado.

Os valores de umidade superficial da cama seguiram comportamento semelhante ao da umidade relativa do ar, fato também observado por Janni et al. (2016). De forma geral os valores de umidade da cama foram baixos, em torno de 15 a 30%. Eckelkamp et al. (2016), observaram que, em condições de umidade da cama baixa, o tempo de uso do material, como cama, pode ser prolongado, o que pode ser interessante quando ocorre escassez do substrato. Uma menor umidade da cama normalmente reduz a aderência da mesma na superfície dos animais, com consequente redução da sujidade dos animais e, conseqüentemente, da carga bacteriana no leite, conforme observado por Eckelkamp et al. (2016).

Os valores da temperatura do ar e da temperatura superficial da cama, foram maiores no período da tarde (15:00 horas), quando comparado com o período da manhã (7:00) e da noite (23:00). O acréscimo dos valores da temperatura superficial da cama acompanhou o acréscimo dos valores da temperatura do ar, com consequente perda de água do material por evaporação, possibilitando, aos animais, uma superfície mais asséptica e confortável. Eckelkamp et al. (2016), relatam que baixos valores de umidade e elevados valores de temperaturas da cama minimizam a proliferação de microrganismos prejudiciais à saúde dos animais.

Os valores de temperatura interna da cama, assim como os valores de temperatura superficial, tendem a acompanhar o comportamento dos valores de temperatura do ar ambiente. Como se pode verificar neste estudo, no geral, a temperatura no interior da cama foi maior nos horários em que a temperatura do ar foi mais elevada, comportamento esse semelhante ao observado por Pilatti et al. (2017), que estudando a cama de galpões *compost barn* no Brasil, concluíram que a temperatura interna e superficial da cama foram influenciadas pela temperatura do ar ambiente. Neste sentido, evidencia-se a influência da temperatura do ar sobre as variáveis térmicas da cama nas condições estudadas, concordando com Eckelkamp et al. (2016), que concluíram que a temperatura do ar é um preditor significativo da temperatura interna e da umidade da cama em galpões *compost barn*, no estado de Kentucky, Estados Unidos.

Contudo, vale ressaltar que a temperatura interna média da cama foi de 39,6 °C no galpão fechado e 32,4 °C no galpão aberto, valores esses abaixo de 54 a 65 °C, faixa que é considerada boa para compostagem (Janni et al., 2017). Porém o

valor encontrado no galpão fechado, no presente estudo, está de acordo com o observado por Black et al. (2013), que encontrou temperatura média de 36,1 °C a 0,2 m de profundidade de cama.

Quanto à magnitude dos valores de temperatura e de umidade relativa do ar, em ambas as tipologias estudadas, em todos os horários avaliados, os mesmos estiveram dentro da faixa de conforto para bovinos de leite. Conforme Nããs (1999), valores de temperatura entre 4 e 24 °C associados a valores de umidade relativa do ar maiores que 80% possibilita, aos animais, condições de conforto térmico. Por outro lado, com maior rigor, Park e Lindenberg (2006), recomendam que, para vacas com genética apurada, as temperaturas do ar ambiente devem estar entre 10 e 20 °C associadas com umidade de 80% para que a produtividade animal não seja afetada. No presente estudo, nos dois galpões avaliados, os valores só se mantiveram nesta estreita faixa de temperatura na parte da manhã (7:00 horas).

2.3.2 Concentração de amônia nos galpões

Na figura 2 está apresentado um comparativo da concentração média de amônia em dois níveis de altura no galpão fechado (A) e no galpão aberto (B), antes e logo em seguida da atividade de revolvimento da cama.

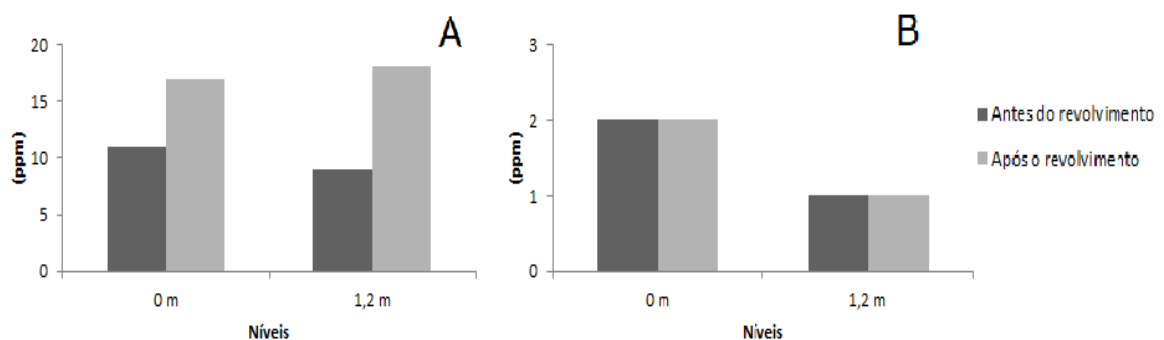


Figura 2 – Concentração média de amônia no galpão fechado (A) e no galpão aberto (B), antes e após o revolvimento da cama, em dois níveis de observação (na superfície da cama e à altura de 1,20 m acima do nível desta).

Na superfície da cama do galpão fechado ocorreu um acréscimo de 54%, na concentração média de amônia, quando comparado os valores antes e depois do revolvimento da cama, passando de 11 para 17 ppm, respectivamente. Na altura de 1,2 m acima da cama ocorreu um acréscimo de 100% na concentração média de

amônia quando comparado os valores antes e depois do revolvimento da cama, passando de 9 para 18 ppm. Na superfície da cama do galpão aberto, a atividade de revolver a cama, não alterou os valores de concentração de amônia, pois, o a ventilação natural favorece a dissipação dos gases.

Os níveis de amônia observados no interior das instalações encontram-se abaixo dos limites máximos tolerados, para segurança tanto dos trabalhadores quanto para os animais. Os seres humanos podem estar expostos a até 25 ppm, por 8 horas, sendo que o tempo de permanência é reduzido em concentrações mais elevadas. Para os animais, de uma forma geral, é recomendado um nível máximo de 20 ppm de amônia para exposição contínua (Wathes et al., 1997).

Um dos fatores de formação da amônia nas unidades de produção animal nesses locais é atribuído à decomposição microbiana do ácido úrico presente nos excrementos dos animais (Medeiros et al., 2008). Assim, após o revolvimento da cama a concentração de amônia no interior do galpão fechado é aumentada em ambos os níveis estudados, devido à liberação de gases provenientes da atividade microbiana da cama, que com esse revolvimento é liberado no ambiente.

2.4 CONCLUSÕES

Em ambas as tipologias de galpões *compost barn*, valores da umidade superficial da cama apresentam comportamento similar aos valores de umidade relativa do ar, sendo mais elevados pela manhã e à noite e menores à tarde. Os valores da temperatura superficial da cama apresentam comportamento similar aos valores de temperatura do ar, sendo menores pela manhã e à noite e maiores à tarde.

No galpão fechado os valores de temperatura interna da cama tem comportamento similar aos valores de temperatura do ar, com maiores valores à tarde. No galpão aberto ocorreu aumento dos valores de temperatura interna da cama ao longo do dia.

O revolvimento da cama eleva a concentração de amônia no interior do galpão fechado, já no aberto não há influencia do revolvimento na concentração de amônia.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBERG, A. E.; ENDRES, M. I.; SALFER, J. A.; RENEAU, J. K. Performance and welfare of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 3, 1575-1583, 2007.

BEWLEY, J.M, ROBERTSON, L.M. & ECKELKAMP, E.A. A 100-Year Review: Lactating dairy cattle housing management. **Journal of Dairy Science** 100(12), 10418 10431. 2017.

BLACK, R.A.; TARABA, J.L.; DAY ,G.B.; DAMASCENO, F.A.; BEWLEY, J.M. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, 8060-74, 2013.

BRASIL – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos**. Brasília: MAPA, 141p. 2007.

ECKELKAMP, E. A., TARABA, J. L., AKERS, K. A., HARMON, R. J., BEWLEY, J. M. Understanding compost bedded pack barns: Interactions among environmental factors, bedding characteristics, and udder health. **Livestock Science**, v. 190, p. 35-42, 2016.

JANNI, K. A.; ENDRES, M. I.; RENEAU, J. K.; SCHOPER, W. Compost dairy barn layout and management recommendations. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 23, p.97-102, 2007.

KLAAS, I. C.; BJERG B. S.; FRIEDMANN, S.; BAR, D. Cultivated barns for dairy cows: An option to promote cattle welfare and environmental protection in Denmark *Dansk Veterin*, v. 93, n.9, 20-29, 2010.

MEDEIROS, R.; SANTOS, B. J. M.; FREITAS, M.; SILVA, O. A.; ALVES, F. F.; FERREIRA, E. A adição de diferentes produtos químicos e o efeito da umidade na volatilização de amônia em cama. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2321-2326, ISSN 0103-8478. 2008.

MISRA, R. V., R. N. ROY, AND H. HIRAOKA. On-farm composting methods. **Food and Agriculture Organization**, United Nations, Rome, Italy. 2003.

NÄÄS, I.A. O valor do conforto animal. **Revista Pesquisa FAPESP**. São Paulo. P. 30. 1999.

OLIVEIRA, C. E. A., DAMASCENO, F. A., ARAÚJO, G., FERRAZ, S., DO NASCIMENTO, J. A. C., SILVA, E., FERREIRA, M. R. Geostatística aplicada a distribuição espacial das condições térmicas e ruído em instalações *Compost barn* com diferentes sistemas de ventilação. **Ciência ET Praxis**, v. 9, n. 18, p. 41-48, 2017.

PARK, C.S; LINDBERG, G.L. Glândula mamaria e lactação. In: DUKES, H.H. **Fisiologia dos animais domésticos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., Cap.40, p. 670. 2006.

PILATTI, J. A. O comportamento diurno e o bem-estar de vacas em sistema de confinamento *Compost barn*. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2017.

WATHES, C. M.; HOLDEN, M. R.; SNEATH, R. W.; WHITE, R. P.; PHILLIPS, V. R. Concentrations and emissions rates of aerial ammonia, nitrous-oxide, carbon-dioxide, dust and endotoxin in UK broiler and layer houses. **British Poultry Science**, v. 38, n. 1, p. 14-28, 1997.