

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Sistema *compost barn* para bovinos leiteiros e seus reflexos nos parâmetros ambientais, desempenho e produção durante o verão em diferentes fases da lactação

Giovane Debs Guesine

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas

**Piracicaba
2020**

Giovane Debs Guesine
Médico Veterinário

**Sistema *compost barn* para bovinos leiteiros e seus reflexos nos parâmetros ambientais
desempenho e produção durante o verão em diferentes fases da lactação**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. **IRAN JOSÉ OLIVEIRA DA SILVA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre
em Ciências. Área de concentração: Engenharia de
Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Guesine, Giovane Debs

Sistema *compost barn* para bovinos leiteiros e seus reflexos nos parâmetros ambientais, desempenho e produção durante o verão em diferentes fases da lactação / Giovane Debs Guesine. - - Versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2020.

128 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Bovinos de leite 2. Variabilidade espacial 3. Bem-estar animal 4. Ambiência
L. . I. Título

AGRADECIMENTOS

A minha família, minha mãe Maria Helena, meu pai Ademilso e minha irmã Georgeana, pelo apoio incondicional e por me permitirem seguir meus caminhos. Vocês sempre desejaram o melhor para mim e fizeram tudo que estava ao seu alcance para ajudar.

A minha namorada, Nathalia, pelo apoio e companheirismo em todos os momentos durante minha vida acadêmica. Sua compreensão, paciência, amizade tornaram essa jornada muito mais feliz.

Ao Prof. Dr. Iran José Oliveira da Silva, por todos os ensinamentos e por ter me transformado em um profissional melhor. Sua orientação, exigência pelo excelente e ensinamentos acadêmicos e de vida me tornaram mestre. Obrigado por tudo!

Aos amigos do NUPEA, Sergio, Aérica, Alessandra, Marcela, Karen, Miguel, Vivian, Mariana e Daniel, pela amizade, ajuda, ensinamentos e pelo bom humor, mesmo em momentos ruins.

Aos meus amigos Enzo e Renan, por me ajudarem durante a coleta dos dados, sem o auxílio de vocês este projeto não teria saído, muito obrigado.

Aos meus amigos de moradia, Carlos, Davi, Rodrigo e Ivan, pela amizade, companheirismo, festas e ajuda ao longo destes anos de mestrado.

A Prof^a. Dr^a. Sônia Maria De Stefano Piedade, pelas análises estatísticas, pela boa vontade em ajudar, dedicação e paciência durante todo o período.

Aos membros da banca avaliadora, pela ajuda e considerações feitas ao meu trabalho a fim de torná-lo melhor.

Aos funcionários da ESALQ/USP do Departamento de Engenharia de Biosistemas, da Seção de Pós-Graduação e da Biblioteca pela ajuda durante esse período.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – pelo apoio para a realização do projeto.

Aos proprietários da fazenda localizada próximo à cidade de Monte Alegre de Minas - MG, por terem permitido a realização do experimento, como também pela excelente hospitalidade durante minha estadia.

À Universidade de São Paulo e à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela possibilidade do mestrado.

*“Não é a altura nem o peso nem os músculos que tornam uma pessoa grande, É O SEU
CORAÇÃO”*

Madre Tereza de Calcutá

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS	11
1. INTRODUÇÃO	13
REFERÊNCIAS	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1. O SISTEMA <i>COMPOST BARN</i> PARA A CRIAÇÃO DE BOVINOS EM LACTAÇÃO	17
2.2. EFEITO DO AMBIENTE NO SISTEMA <i>COMPOST BARN</i>	24
2.3. INTEGRIDADE FÍSICA, SANIDADE E COMPORTAMENTO DOS ANIMAIS NO SISTEMA <i>COMPOST BARN</i>	25
2.4. DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DOS ANIMAIS NO SISTEMA <i>COMPOST BARN</i>	29
2.5. GEOESTATÍSTICA PARA AVALIAÇÃO DAS VARIÁVEIS TEMPERATURA E UMIDADE DA CAMA DE <i>COMPOST BARN</i>	30
REFERÊNCIAS	33
3. AVALIAÇÃO ESPACIAL DA CAMA DE CASCA DE ARROZ EM SISTEMA <i>COMPOST BARN</i>	39
RESUMO.....	39
ABSTRACT	40
3.1. INTRODUÇÃO	41
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	42
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
3.4. CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS	62
4. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE E O NÍVEL DE CONFORTO DE ANIMAIS CRIADOS EM SISTEMA <i>COMPOST BARN</i>	67
RESUMO.....	67
ABSTRACT	68
4.1. INTRODUÇÃO	69
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	70
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
4.4. CONCLUSÃO	92
REFERÊNCIAS	93
5. DESEMPENHO PRODUTIVO, COMPORTAMENTAL E INTEGRIDADE FÍSICA DE VACAS PRIMÍPARAS E MULTÍPARAS EM SISTEMA <i>COMPOST BARN</i>	97
RESUMO.....	97
ABSTRACT	98
5.1. INTRODUÇÃO	99

5.2. MATERIAL E MÉTODOS	100
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	108
5.4. CONCLUSÃO	120
REFERÊNCIAS	122
6. CONCLUSÕES FINAIS.....	127

RESUMO

Sistema *compost barn* para bovinos leiteiros e seus reflexos nos parâmetros ambientais, desempenho e produção durante o verão em diferentes fases da lactação

Objetivou-se por meio deste trabalho a avaliação e caracterização de um sistema *compost barn* (CB) para a criação de vacas Girolando em diferentes estágios de lactação, correlacionando as variáveis componentes do sistema por meio de parâmetros ambientais, desempenho zootécnico, integridade física e comportamento animal durante o verão. A pesquisa ocorreu durante o verão, em fevereiro de 2019, em uma propriedade próxima ao município de Monte Alegre de Minas - MG. Com relação ao estudo da cama de palha de arroz, foram registrados os valores de temperatura (superficial e interna) e umidade em diferentes intervalos durante os turnos da manhã e da tarde, considerando o manejo do revolvimento da mesma. Montou-se uma malha de demarcação com 39 pontos para a colheita dos dados. Para a caracterização do ambiente de produção, as variáveis registradas foram a temperatura do ar (TA), umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento (V), entalpia específica do ar (H), índice de temperatura e umidade (ITU) e a pressão sonora (PS) no ambiente externo e interno de produção. Para as variáveis fisiológicas, integridade física, comportamento e produção de leite dos animais foram selecionados 30 animais da raça Girolando divididos em dois grupos homogêneos (primíparas e múltíparas), considerando o peso e produção de leite. Os dados referentes ao microclima do ambiente, variáveis fisiológicas, integridade física, comportamento e produção de leite dos animais passaram pela análise estatística descritiva, com os dados submetidos ao teste t a 5 % de probabilidade. As análises geoestatísticas foram realizadas através do programa *GS+ 7.0*, e os mapas de Krigagem gerados por meio do programa *Starts Surfer 9*. Com relação aos resultados obtidos referente a qualidade e eficiência da cama de casca de arroz quanto ao processo de compostagem, o mesmo esteve dentro dos padrões ideais para as variáveis temperatura superficial e umidade da cama, porém a temperatura interna esteve abaixo do recomendado. Para a caracterização do ambiente interno e externo do CB, as variáveis estudadas foram mais elevadas no ambiente interno se comparados ao ambiente externo, com a quantidade de calor (entalpia) presente estando elevada, causando desconforto térmico aos animais, considerando que a frequência respiratória dos bovinos foi classificada como estando em estresse térmico médio. Porém os valores para a temperatura superficial dos animais se mantiveram dentro dos padrões adequados. Com relação a integridade física (sujidade e claudicação), o CB proporcionou um ambiente adequado, uma vez que, os animais apresentaram em sua maior parte escores considerados adequados para a espécie. Para a produção de leite, mesmo os valores estando acima da média nacional, durante o período experimental os animais produziram em condições de desafio térmico. Nas avaliações comportamentais os animais permaneceram predominantemente na posição em pé. Conclui-se que o sistema de CB com cama de casca de arroz, pode proporcionar um ambiente positivo referente a integridade física dos animais, porém as condições térmicas do ambiente e a qualidade da cama não foram os ideais conforme as recomendações para o sistema.

Palavras-chave: Girolando; Cama; Calor; Compostagem; Bem-estar animal

ABSTRACT

Compost barn system for dairy cattle and its effects on environmental parameters, performance and production during summer at different stages of lactation

The objective of this work was the evaluation and characterization of a compost barn (CB) system for the breeding of Girolando cows in different stages of lactation, correlating the component variables of the system through environmental parameters, zootechnical performance, physical integrity and animal behavior during the summer. The research took place during the summer, in February 2019, on a property near the municipality of Monte Alegre de Minas - MG. Regarding the study of rice straw bedding, the values of temperature (superficial and internal) and humidity at different intervals during the morning and afternoon shifts were recorded, considering the management of its development. A demarcation mesh with 39 points was assembled for the data collection. For the characterization of the production environment, the variables recorded were air temperature (AT), relative air humidity (UR), wind speed (V), air specific enthalpy (H), temperature and humidity index (ITU) and sound pressure (PS) in the external and internal production environment. For the physiological variables, physical integrity, behavior and milk production of the animals were selected 30 animals of the Girolando breed divided into two homogeneous groups (primiparous and multiparous), considering weight and milk production. The data regarding the microclimate of the environment, physiological variables, physical integrity, behavior and milk production of the animals underwent descriptive statistical analysis, with the data submitted to the t test at 5 % probability. The geostatistical analyses were performed through the GS+ 7.0 program, and the Krigagem maps generated through the Starts Surfer 9 program. Regarding the results obtained regarding the quality and efficiency of the rice husk bed in relation to the composting process, it was within the ideal standards for the variables surface temperature and bed wetness, but the internal temperature was below the recommended. For the characterization of the internal and external environment of CB, the variables studied were higher in the internal environment if compared to the external environment, with the amount of heat (enthalpy) present being high, causing thermal discomfort to the animals, considering that the respiratory rate of cattle was classified as being in average thermal stress. However, the values for the surface temperature of the animals remained within the appropriate standards. Regarding physical integrity (dirt and claudication), CB provided an adequate environment, since the animals presented mostly scores considered adequate for the species. For milk production, even though the values were above the national average, during the experimental period the animals produced under thermally challenging conditions. In the behavioural assessments the animals remained predominantly in the standing position. It can be concluded that the CB system with rice husk bedding can provide a positive environment for the physical integrity of the animals, but the thermal conditions of the environment and the quality of the bedding were not ideal according to the recommendations for the system.

Keywords: Girolando; Bed; Heat; Composting; Animal welfare

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diferenças entre os modelos do sistema <i>compost barn</i>	18
Figura 2. Fases do processo de compostagem.....	20
Figura 3. Esquemática do processo de compostagem.....	20
Figura 4. Planta baixa do galpão do <i>compost barn</i>	43
Figura 5. Estrutura do galpão de <i>compost barn</i>	44
Figura 6. Croqui ilustrativo dos pontos de coleta das variáveis temperatura superficial e interna e umidade da cama de <i>compost barn</i>	45
Figura 7. Termômetro infravermelho digital coletando temperatura superficial da cama (A); mesmo equipamento aferindo a temperatura a 20cm de profundidade (B).....	46
Figura 8. Amostra da cama armazenada em sacola plástica e colocada em recipiente de alumínio devidamente identificado (A); amostra sendo pesada em uma balança de precisão (B); amostras sendo colocadas na estufa para a secagem (C).....	46
Figura 9. Temperatura superficial da cama de <i>compost barn</i> pela manhã, antes do revolvimento (6h-7h) (A); pela manhã, depois do revolvimento (8h-9h) (B); pela tarde, antes do revolvimento (15h -16h) (C); e pela tarde, depois do revolvimento (17h -18h) (D), durante o verão A = amplitude	52
Figura 10. Temperatura interna da cama de <i>compost barn</i> pela manhã, antes do revolvimento (6h-7h) (A); pela manhã, depois do revolvimento (8h-9h) (B); pela tarde, antes do revolvimento (15h -16h) (C) e, pela tarde, depois do revolvimento (17h -18h) (D), durante o verão A = amplitude	55
Figura 11. umidade da cama de <i>compost barn</i> pela manhã, antes do revolvimento (6h -7h) (A); pela manhã, após o revolvimento (8h - 9h) (B); pela tarde, antes do revolvimento (15h -16h) (C) e pela tarde, após o revolvimento (17h -18h) (D) V = variação	58
Figura 12. Planta baixa do galpão do <i>compost barn</i>	71
Figura 13. Esquemática do equipamento HOBO® utilizado no experimento fora do galpão de <i>compost barn</i>	73
Figura 14. Aferição da velocidade do vento (m/s) e ruídos (dB) no interior do galpão de <i>compost barn</i>	74
Figura 15. Identificação dos animais do grupo 1 (primíparas) (A) e identificação dos animais do grupo 2 (multíparas) (B).....	75
Figura 16. Pontos de coleta da temperatura superficial.....	76
Figura 17. Variável temperatura do ar do ambiente externo e interno do galpão de <i>compost barn</i> , durante o verão.....	78
Figura 18. Variável umidade relativa do ar para os ambientes externo e interno do galpão de <i>compost barn</i> , durante o verão	79
Figura 19. Variável entalpia do ambiente externo e interno do galpão de <i>compost barn</i> , durante o verão	80
Figura 20. Variável ITU do ambiente externo e interno do galpão de <i>compost barn</i> , durante o verão	81

Figura 21. Variação da quantidade de calor (entalpia específica máxima) durante o período de avaliação da pesquisa	82
Figura 22. Variação da temperatura do ar ao longo do dia crítico de projeto.....	83
Figura 23. Variação da umidade relativa do ar ao longo do dia crítico de projeto	84
Figura 24. Variação da quantidade de calor existente no ar ao longo do dia crítico de projeto	84
Figura 25. Variação do índice de temperatura e umidade ao longo do dia crítico de projeto	85
Figura 26. Variável velocidade do vento do ambiente externo e interno do galpão de <i>compost barn</i> , durante o verão	87
Figura 27. Variável ruído do ambiente externo e interno do galpão de <i>compost barn</i> durante o verão.....	88
Figura 28. Planta baixa do galpão do <i>compost barn</i>	101
Figura 29. Escore de sujidade proposto por Cook (2007)	104
Figura 30. Escores de claudicação adaptado do método de Sprecher et al. (1997)	105
Figura 31. Frequência de ocorrência referente aos comportamentos em pé e deitado, no verão	108
Figura 32. Frequência de ocorrência referente aos comportamentos em pé e deitado, no verão	109
Figura 33. Correlação entre variável comportamental deitar com a entalpia máxima do ambiente interno do <i>compost barn</i> , no verão para os animais primíparos.....	113
Figura 34. Correlação entre variável comportamental deitar com a entalpia máxima do ambiente interno do <i>compost barn</i> , no verão para os animais múltíparos.....	113
Figura 35. Variável claudicação dos animais criados em sistema <i>compost barn</i> , no verão .	115
Figura 36. Variável sujidade dos animais criados em sistema <i>compost barn</i> , no verão.....	117
Figura 37. Valores médios de produção de leite de ambos os grupos de animais e os valores médios de entalpia específica do ar, no verão.....	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Diferenças entre os modelos do sistema <i>compost barn</i>	17
Tabela 2. Relação entre a temperatura da cama (°C) e umidade (%) e seus efeitos sobre a cama de <i>compost barn</i>	21
Tabela 3. Parâmetros das camas de <i>compost barn</i> localizadas na região sul do país (N=30) .	22
Tabela 4. Características químicas da cama de <i>compost barn</i> em seis fazendas leiteiras de Minnesota	23
Tabela 5. Efeitos da claudicação na bovinocultura leiteira segundo os respectivos autores ...	28
Tabela 6. Temperatura e umidade relativa do ar do ambiente interno do galpão de <i>compost barn</i> para bovinos leiteiros, em diferentes turnos, no verão.....	49
Tabela 7. Temperatura superficial da cama de <i>compost barn</i> em diferentes turnos, antes e depois do revolvimento, durante o verão.....	49
Tabela 8. Modelo e parâmetros estimados a partir de semivariogramas experimentais para variável temperatura superficial da cama de <i>compost barn</i> em diferentes turnos, antes e depois do revolvimento, durante o verão	51
Tabela 9. Temperatura interna da cama de <i>compost barn</i> em diferentes turnos, antes e depois do revolvimento, durante o verão	53
Tabela 10. Modelo e parâmetros estimados a partir de semivariogramas experimentais para variável temperatura interna da cama de <i>compost barn</i> em diferentes turnos, antes e depois do revolvimento, durante o verão	54
Tabela 11. Umidade da cama de <i>compost barn</i> em diferentes turnos, antes e depois do revolvimento, durante o verão	56
Tabela 12. Modelo e parâmetros estimados a partir de semivariogramas experimentais para a variável umidade da cama de <i>compost barn</i> para bovinos leiteiros em diferentes turnos, antes e depois do revolvimento, durante o verão.....	57
Tabela 13. Levantamento de dados referentes às características (temperatura superficial, temperatura interna e umidade) para diferentes tipos de materiais de cama de <i>compost barn</i> , em diferentes regiões.....	59
Tabela 14. Composição da dieta das vacas, separada por lotes, em sistema <i>compost barn</i> durante o turno experimental nas estações quentes	72
Tabela 15. Variáveis psicrométricas do ambiente externo e interno do galpão de <i>compost barn</i> , durante o verão	77
Tabela 16. Variáveis do ambiente externo e interno do galpão de <i>compost barn</i> , durante o verão	86
Tabela 17. Variáveis do ambiente externo e interno do galpão de <i>compost barn</i> antes dos animais irem para a ordenha, no verão	89
Tabela 18. Variáveis frequência respiratória (FR) e temperatura superficial (TS) dos animais em diferentes horários, no verão.....	90
Tabela 19. Composição da dieta das vacas, separada por lotes, em sistema <i>compost barn</i> durante o turno experimental.....	102

Tabela 20. Comportamentos registrados em horas para ambos os grupos de animais, criadas em um galpão de <i>compost barn</i> , no verão	110
Tabela 21. Frequência de ocorrência dos comportamentos isolados para os grupos de animais, criadas em um galpão de <i>compost barn</i> , no verão	112
Tabela 22. Variáveis produtivas (kg/leite) dos animais em diferentes horários de ordenha, no verão.....	119

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial, os produtores rurais deparam-se com o desafio cada vez maior de atender a crescente necessidade da alta demanda de alimentos com qualidade para a população. O leite, por sua vez, destaca-se por ser uma fonte extremamente importante de proteínas e minerais para a dieta humana e animal.

Dentro da cadeia do agronegócio, a produção leiteira tem grande importância para a economia do país, uma vez que o Brasil ocupa a quarta posição entre os maiores produtores mundiais, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (EUA), Índia e China, ofertando, no ano de 2018, valores próximos a 35,6 bilhões de litros de leite (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2018). Visando melhorias na produtividade e consequentemente aumento na lucratividade, faz-se necessária a implantação de novas tecnologias a serem empregadas com animais de alta capacidade produtiva.

Apesar do Brasil possuir um maior número de pequenos produtores, grande parcela do volume de leite produzido no país está concentrada nas grandes fazendas, que possuem animais com melhor padrão genético, bem como melhores investimentos em infraestrutura e tecnologia. Somando-se as 30 maiores fazendas produtoras de leite, em 2018 estas ofertaram aproximadamente cerca de 363 milhões de litros (MILKPOINT, 2018).

Há um predomínio da intensificação da produção cujo sistema é classificado como intensivo, caracterizado pelo uso de instalações semiabertas ou totalmente fechadas com uso de mecanização e de modernização tecnológica. De uma maneira geral, os sistemas intensivos de produção de leite apresentam alguns pontos críticos no que diz respeito aos aspectos que envolvem o bem-estar animal, com relação à análise do animal, ao ambiente e à relação homem-animal. Dentre esses pontos críticos, pode-se citar: a restrição de movimentos, reduzida área de cama disponível, a alta densidade animal, manejos incorretos, que, por suas vezes, ocasionam problemas locomotores devido a lesões no sistema locomotor dos animais, restrição do contato do animal com o ambiente externo (natureza) e, em alguns casos, a submissão dos animais a ambientes cujo clima não seja controlado ou que não sejam capazes de oferecer a faixa ideal de conforto térmico para a espécie.

Uma alternativa bem difundida nos EUA e em Israel para a produção intensiva de leite, que visa contornar tais problemas, é o sistema intensivo do tipo *compost barn* (CB), que apresenta como objetivo melhorar as condições de criação, atendendo as necessidades do fornecimento de um ambiente mais favorável aos animais, promovendo, assim, um aumento na

produtividade (kg/leite) do rebanho, de acordo com alguns dados relatados (ASTIZ et al. 2014; BLACK et al. 2013). Diante de toda a evolução na produção de leite mundial, quando se fala em produção em países de clima tropical, há grandes impasses e questionamentos sobre quais são os melhores sistemas para a produção de leite, se a pasto, se em confinamento em sistema *free stall* (FS) ou CB.

O sistema CB tem ganhado espaço entre os sistemas de produção no Brasil devido ao mesmo proporcionar uma melhora em diversos tópicos na produção de leite, porém ainda com várias lacunas a serem pesquisadas e respondidas. Mesmo sendo uma tecnologia de produção recente no país, este modelo tem cada vez mais avançado nas propriedades leiteiras como uma solução para a redução de perdas, redução dos investimentos iniciais, facilidade de controle e condicionamento dos animais.

Porém, devido à continentalidade do país e à diversidade climática existente, não há um modelo único que possa adaptar-se a todas as regiões, surgindo, dessa forma, a necessidade de se conhecer o desempenho dos sistemas para as diferentes condições de produção. Alguns resultados apresentados relatam que o sistema CB proporciona melhores condições de bem-estar, alavancando os índices produtivos e sanitários do rebanho, bem como reduz os custos e possibilita a utilização, de forma mais adequada, de dejetos orgânicos produzidos pelos animais.

Dentre as principais vantagens que esse sistema proporciona, destaca-se o fornecimento de uma maior área de descanso aos animais, proporcionando maior conforto e diminuição das lesões corporais. Mesmo assim, devido à carência de informações técnicas referentes ao CB sobre os dados produtivos, zootécnicos e bioclimáticos do sistema nas condições brasileiras de produção, e também com o crescente interesse de produtores em adotá-lo, verifica-se a necessidade eminente de obter maiores informações sobre o sistema. Como todo projeto de engenharia envolvendo animais e produção é específico, pois cada caso é um caso diferente, não é possível a generalização do sistema como modelo nacional.

Estudos de casos, comparações de sistemas, análises de eficiência energética, estudos da implantação de sistemas e o desempenho ao longo do tempo sempre serão informações importantes para facilitar a tomada de decisões. Em função disso e das argumentações apresentadas, o objetivo principal dessa pesquisa é:

Caracterizar a adoção do sistema *compost barn* para a criação de vacas Girolando em diferentes estágios de lactação (primíparas e múltíparas), correlacionando as variáveis componentes do sistema por meio de parâmetros ambientais, desempenho zootécnico, integridade física e comportamento durante o período de verão tropical.

O presente estudo apresenta como objetivos específicos:

- Avaliar a distribuição temporal e espacial da temperatura e umidade da cama de *compost barn* em função das condições ambientais externas e internas;
- Correlacionar os efeitos das variações das condições ambientais na produção de vacas primíparas e múltiparas por meio da produção, do comportamento, da integridade física e das respostas fisiológicas.

Para melhor clareza na discussão dos resultados e entendimento do leitor, esta dissertação é apresentada em quatro capítulos.

O primeiro capítulo refere-se ao estudo da arte por meio da revisão bibliográfica, com o intuito de demonstrar trabalhos realizados com o tema, de forma a detalhar o sistema *compost barn*, demonstrando suas características, vantagens, desvantagens e particularidades e os principais resultados encontrados na adoção do mesmo.

O segundo capítulo intitulado “Avaliação espacial da cama de casca de arroz em sistema *compost barn*”, aborda os efeitos do uso da cama de palha de arroz a partir da variabilidade da temperatura (superficial e interna) e umidade, de forma a caracterizá-la dentro dos padrões de qualidade exigidos para períodos de verão.

O terceiro capítulo, intitulado “Caracterização do ambiente e o nível de conforto de animais criados em sistema *compost barn*”, contempla a associação dos resultados ambientais e do microambiente de produção com os dados fisiológicos (frequência respiratória e temperatura de superficial) dos animais durante o verão, com o intuito de observar se o sistema é capaz de proporcionar conforto térmico aos animais.

O quarto capítulo, intitulado “Desempenho produtivo, comportamental e integridade física de vacas primíparas e múltiparas em sistema *compost barn*”, avalia a influência da ordem de parição sobre o comportamento, integridade física e produção de leite dos animais, bem como se o ambiente influencia no comportamento dos animais.

REFERÊNCIAS

ASTIZ, S. et al. Enhanced udder health and milk yield of dairy cattle on compost bedding systems during the dry period: a comparative study. **Livestock Science**, v. 159, p. 161-164, 2014.

BLACK, R. A. et al. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, p. 8060-8074, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Livestock Primary**. FAOSTAT. 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QL>. Acesso em: 15 set. 2018.

MILKPOINT. **Top 100 MilkPoint 2018**: Produção dos líderes do leite cresceu 10%. Milk Point, 2018. Disponível em: <https://milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/girnoticias/producao-das-lideres-do-leite-cresceu-10-207378/>. Acesso em: 03 jul. 2019.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O sistema *compost barn* para a criação de bovinos em lactação

O *compost barn* (CB) surgiu em meados dos anos 80 na região da Virgínia, Estados Unidos (EUA), adaptado do sistema *loose housing* (estabulação livre). Devido a aprovação e a satisfação dos produtores pioneiros, estes fizeram com que o sistema passasse a ser adotado em outros países, como Israel, Itália, Holanda, Espanha e recentemente no Brasil (DAMASCENO, 2012).

Porém, Guimarães e Mendonça (2015) relatam que grande parte dos trabalhos referentes ao sistema em questão foram desenvolvidos em regiões de clima mais ameno (temperado). O sistema em si possui dois modelos diferentes, um aplicado em Israel e outro nos EUA. O modelo utilizado na América do Norte possui uma cama composta de material rico em carbono, geralmente serragem, na qual a compostagem realizada nesse sistema ocorre com maior rapidez ao produzir uma grande quantidade de calor em Kcal, auxiliando na secagem do material.

Segundo Milani e Souza (2010) e Janni et al. (2007), o modelo americano é caracterizado por barracões com uma pista de fornecimento de alimento central à estrutura ou na lateral, separada da cama de compostagem por uma parede de concreto, com seu dimensionamento considerado ideal para uma densidade de 10 m² de cama/animal. Já o modelo israelense difere-se do americano por utilizar materiais alternativos para a cama, composta apenas por esterco, dificultando o processo de compostagem e a secagem do material devido à menor quantidade de carbono e à menor geração de calor.

Dessa forma, preconiza-se uma densidade de 15 a 20 m² de cama/animal, praticamente de 1,5 a 2 vezes a densidade do sistema americano (KLAAS et al., 2010). Na tabela 1 é apresentado um resumo geral e comparativo dos dois sistemas:

Tabela 1. Diferenças entre os modelos do sistema *compost barn*

Parâmetros	Modelo Israelense	Modelo Americano
Cama	Esterco	Material rico em carbono
Compostagem	Lenta	Rápida
Área/cama/animal (m ²)	15 a 20	10
Ventilação	Mais exigente	Menos exigente

Fonte: Adaptado de Klaas et al. (2010) e Milani e Souza (2010).

A estrutura do sistema deve ser constituída basicamente por uma cama com um material macio e confortável (variável de acordo com a região e disponibilidade) que, sob condições

adequadas de temperatura, umidade e concentração de oxigênio, possa passar pelo processo de compostagem (BLACK et al., 2013). A estrutura física do galpão, que contempla a cama, pista de alimentação e a pista com os bebedouros, é de extrema importância para o sucesso do modelo adotado, uma vez que as instalações bem construídas propiciam as melhores condições de conforto aos animais, aumento da produção e do lucro ao proprietário (COSTA; SILVA, 2014).

Endres e Janni (2009), determinaram uma área de 7,5 m² a 25,0 m²/vaca no CB, dependendo do tamanho do rebanho, para que todas pudessem movimentar-se livremente, com uma saída para a pista de alimentação de 4,0m de comprimento e uma divisória de 1,2m de altura entre a cama e a pista. Os mesmos autores citam que os animais devem ter acesso livre aos bebedouros, que devem ser instalados no sentido contrário à cama, contra à parede de concreto, a fim de que a cama não molhe, conforme demonstra a figura 1.

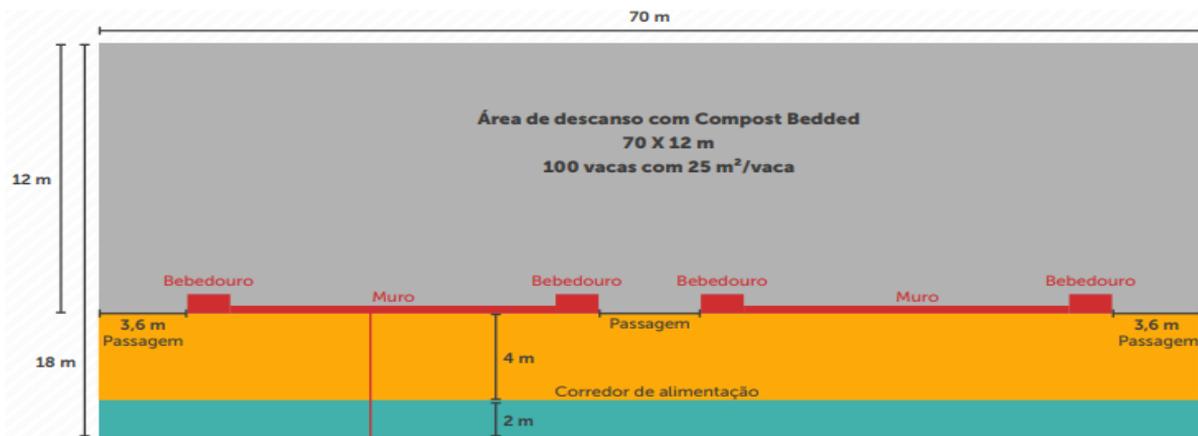


Figura 1. Diferenças entre os modelos do sistema *compost barn*

Fonte: Endres e Janni (2009).

Em um estudo descritivo realizado em Minnesota – EUA com 12 fazendas que utilizam o sistema de CB, Barberg et al. (2007) demonstraram que os *layouts* dos galpões normalmente apresentavam uma área média de 8,2 m²/vaca. Bewley et al. (2012) descreveram que a área da cama varia de acordo com o tamanho e a raça do animal, sendo que, para raças de pequeno porte, é preconizado como ideal um espaço de 7,9 m²/vaca, e para raças de grande porte, 9,3 m²/vaca. Por utilizar o esterco e a retenção de água (absortividade) ser maior, o método israelense do CB preconiza 15 m²/vaca com a alimentação fornecida em pistas de cimento, e 20 a 30 m²/vaca sem as pistas (KLAAS et al., 2010).

A preferência pela adoção do sistema de CB nas fazendas leiteiras vem crescendo bastante. Damasceno (2012), avaliando, entre outubro de 2010 e março de 2011, 42 produtores de leite distribuídos pelo estado de Kentucky – EUA, que utilizavam o sistema em suas

respectivas propriedades, identificaram que estes produtores estavam satisfeitos com o sistema. No referido estudo, 24,1 % dos produtores relataram que os animais se apresentavam mais confortáveis, 12,1 % informaram que as vacas estavam com um escore de limpeza aceitável, considerando a limpeza do úbere e pernas, 7,8 % revelaram que os animais permaneceram mais tempo em repouso, 5,2 % identificaram uma diminuição de células somáticas (CCS) no leite, bem como uma maior facilidade na detecção do cio, 2,6 % relataram um aumento na produção de leite e maior consumo de matéria seca pelos animais e 1,7 % dos produtores verificaram que houve diminuição do aparecimento de lesões nas regiões das pernas e úbere dos animais.

Importante salientar que as condições climáticas de Kentucky - EUA durante o verão são bem parecidas com as das encontradas na região de Monte Alegre de Minas - MG, apresentando valores de temperatura de 22 °C mínima e de 31 °C máxima (WEATHER SPARK, 2019).

O fator principal que torna o CB inovador é o mesmo ser capaz de realizar o processo chamado “compostagem” de forma constante durante a criação dos animais na propriedade. Segundo Epstein (2011), o processo de compostagem é definido como a decomposição biológica de resíduos em matéria orgânica estabilizada, sendo a aeração, valores de umidade, temperatura, pH, tamanho da partícula e relação Carbono/Nitrogênio do material fatores que podem influenciar na qualidade ou não do processo.

O processo de compostagem em um galpão de CB nada mais é que a união de uma fonte de carbono (cama) com um material rico em nitrogênio (fezes/urina), sendo necessário o revolvimento da cama do composto para que haja a infiltração de ar e para que o nível de umidade fique adequado, facilitando assim o processo decomposição da matéria orgânica (BLACK et al., 2013). O produto resultante do processo de compostagem é chamado de composto orgânico ou fertilizante orgânico, que ao final pode ser utilizado como corretivo orgânico para o solo, além de ser aplicado na agricultura e horticultura (TCHOBANOGLIOUS; BURTON; STENSEL, 2003).

Segundo D’Almeida e Vilhena (2000), o processo de compostagem ocorre em três fases distintas: uma primeira gerando o chamado composto cru ou imaturo, sendo a fase que ocorre o desprendimento de calor, vapor d’água e gás carbônico (CO₂). A segunda fase, sendo o período em que ocorre a chamada bioestabilização e, assim, atingindo a terceira fase, ocorrendo a humificação, acompanhada da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica. Esse processo é exemplificado na figura 2 a seguir:

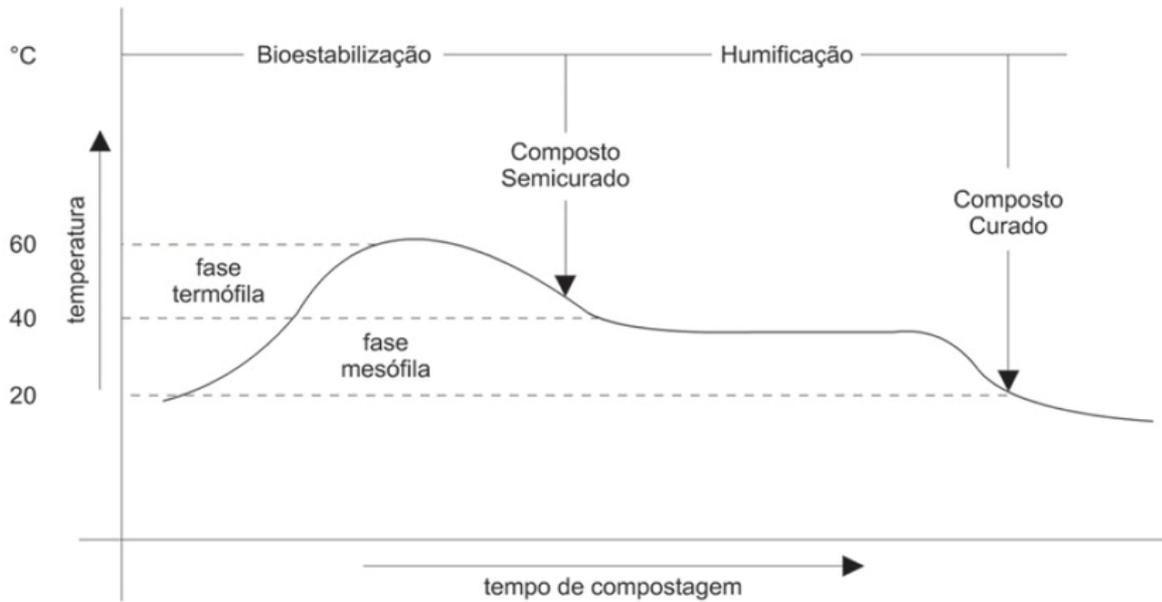


Figura 2. Fases do processo de compostagem

Fonte: D'Almeida e Vilhena (2000).

Durante a compostagem, o aumento da temperatura do material é conhecido como fase termófila, cujas reações bioquímicas de oxidação fazem com que a temperatura do meio fique na faixa de 40 a 65 °C, durando aproximadamente de 5 a 60 dias. A fase seguinte, chamada de maturação, ocorre quando o material começa a perder calor para o meio, apresentando uma faixa de temperatura entre 35 e 45 °C, com uma duração de 60 a 90 dias, ocorrendo o processo de humificação do material orgânico e mineralização do Carbono remanescente (MATOS, 2014). Porém a humificação ocorre na compostagem de leiras e somente ocorre no CB se o material for retirado e deixado descansar. O processo de compostagem pode ser representado pelo esquema a seguir (figura 3):

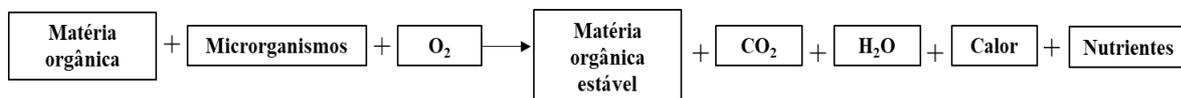


Figura 3. Esquematização do processo de compostagem

Fonte: Adaptado de Fernandes (1999).

A eficiência da compostagem em um sistema de CB é comprovada pela temperatura e pela umidade da cama, onde os microrganismos capazes de degradar o material do composto produzem calor e, com temperaturas altas, determinam a maior eficiência e a quantidade de bactérias benéficas (STENTIFORD, 1996).

Na tabela 2 abaixo, apresentamos os resultados de alguns autores quando avaliaram a influência da temperatura e umidade relativa da cama de CB, a fim de observar as vantagens e desvantagens.

Tabela 2. Relação entre a temperatura da cama (°C) e umidade (%) e seus efeitos sobre a cama de *compost barn*

Autor	País	Temp.(°C)	Umidade (%)	Vantagens	Desvantagens
Janni et al. (2007)	EUA	55 a 65		Inativação de patógenos, larvas de moscas e plantas daninhas	Dificuldade na degradação de materiais
Barberg et al. (2007)	EUA	45 a 55		Facilidade na decomposição dos materiais	
NRAES-54 (1992)	EUA	43 - 65	40 - 65	Compostagem eficiente	
	UK		30 - 35		Atividade microbiana diminui
Stentiford (1996)	UK		> 65		Aeração da cama é prejudicada

Não é somente o processo de compostagem eficiente a ser apresentado como uma vantagem do sistema, mas sim diversos outros fatores relatados na literatura. Brito (2016), avaliando duas propriedades leiteiras comerciais localizadas no sul do estado de Minas Gerais que utilizam a serragem como material de cama, citou que as vantagens do sistema são: ganhos em produtividade e sanidade, diminuição dos gastos com infraestrutura em relação ao sistema *free stall* (FS) e a opção de destinar o material do composto, após o mesmo ter de ser trocado, para as lavouras.

As propriedades que utilizam o CB como uma opção normalmente adotam camas de 45 a 80cm de profundidade, relatado por Barberg et al. (2007) a partir de um estudo feito em Minnesota com 12 galpões de CB durante o ano de 2001. Segundo Gay (2009), a cama deve ser trocada entre 6 meses a 1 ano, período este variando de acordo com a propriedade e o material utilizado, com o destino eficiente para a agricultura como adubo, pela alta quantidade de Nitrogênio e Fósforo.

O manejo da cama 2 a 3 vezes ao dia é indispensável, pois quando os animais se locomovem pelo galpão, compactam o material e assim impedem a entrada efetiva do ar (KADER et al., 2007). Bernal, Lopez-Real e Scott (1993) discorrem que as camas compactadas

e com grandes partículas prejudicam a decomposição, uma vez que a chegada de oxigênio no interior do material reduz e os microrganismos aeróbicos têm dificuldade de acesso ao material.

Partículas muito finas também apresentam uma grande compactação, ocasionando uma menor entrada de oxigênio no composto, maior umidade e problemas relacionados a sujidade na região dos tetos dos animais (CORNELL WASTE MANAGEMENT ISTITUTE, 2006). Radavelli et al. (2018), em um estudo realizado em 2017 com cerca de 30 propriedades que empregam o CB e que utilizavam em sua maioria maravalha e serragem, propriedades estas localizadas nos municípios vizinhos de Chapecó - SC, demonstraram os diferentes parâmetros coletados que influenciam diretamente na eficiência do sistema (tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros das camas de *compost barn* localizadas na região Sul do país (n=30)

Parâmetros	Média ± DP*	Mínimo	Máximo
Temperatura superior, antes de realizar o revolvimento da cama (°C)	25,00 ± 1,71	20,75	28,83
Temperatura superior, após realizar o revolvimento da cama (°C)	26,30 ± 13,64	23,40	31,58
Temperatura em profundidade, antes de realizar o revolvimento da cama (°C)	43,08 ± 6,62	30,67	58,83
Temperatura em profundidade, após realizar o revolvimento da cama (°C)	40,00 ± 20,89	32,30	52,33
Matéria seca da cama (%)	47,87 ± 10,12	25,91	67,21
Matéria orgânica da cama (%)	65,30 ± 13,96	36,91	90,47
pH da cama	8,81 ± 0,51	6,81	9,26
Profundidade da cama (cm)	36,83 ± 14,52	10,50	81,33
Capacidade de retenção de água (W)	74,99 ± 4,89	59,94	83,28
Relação carbono: nitrogênio (C:N)	10,51 ± 4,53	5,92	25,14

*DP: Desvio padrão.

Fonte: Adaptado de Radavelli et al. (2018).

O revolvimento da cama, para possibilitar a aeração da mesma, é fundamental para o sucesso de um sistema de CB. Caso o mesmo seja feito de maneira inadequada e ineficiente, acarretam-se as condições de anaerobiose, facilitando a proliferação de bactérias patogênicas, principalmente as causadoras de mastites, e a cama “ativa” permanece superficial e sem a capacidade de manter-se em altas temperaturas (RUSSELLE et al., 2009).

Barberg et al. (2007) demonstraram que os galpões de CB estudados apresentaram valores médios de temperatura interna da cama de 42,5 °C. Misra, Roy e Hiraoka (2003) demonstraram que, além dos problemas de temperatura de cama com o manejo inadequado, a qualidade do ar dentro do galpão também é prejudicada com o aumento do nível de metano, ácidos orgânicos e sulfato de Hidrogênio.

O material de cama mais comumente utilizado é a serragem seca, porém seu custo é elevado e de difícil aquisição dependendo da região que o galpão for instalado (BARBERG et al., 2007). Da mesma forma, Damasceno (2012) comenta que a serragem, apesar do custo, é uma boa opção de material, pois apresenta teor de Carbono elevado e, no processo de aeração, proporciona um crescimento e uma atividade microbiana adequados.

Com o intuito de substituir o uso da serragem, Shane, Endres e Janni (2010) compararam, em seis fazendas leiteiras de Minnesota, durante o verão, diferentes materiais alternativos (serragem, lascas de madeira, palha de linho, palha de trigo, casca de aveia, pó de palha e palha de soja) de cama, analisando a matéria seca, total de nitrogênio (N), total de carbono (C), razão C:N, amônia, nitrato, pH e temperatura interna e verificaram que tais materiais, desde que corretamente manejados, funcionavam de forma semelhante à serragem, capazes de suportar a atividade microbiana e a produção de calor da compostagem (tabela 4).

Tabela 4. Características químicas da cama de *compost barn* em seis fazendas leiteiras de Minnesota

**Fazendas (Verão)	Variáveis							
	*MS (%)	*Total N (%)	*Total C (%)	*Relação (C:N)	*NH ₄ -N (mg/kg)	*NO ₃ -N (mg/kg)	pH	Temp. (°C)
Fazenda A	36,0	0,89	16,3	18,2	689	21,4	8,90	33,3
Fazenda B	36,1	0,91	16,2	17,9	887	6,41	9,14	35,2
Fazenda C	42,6	1,03	15,3	14,7	1.272	2,20	8,73	48,1
Fazenda D	40,9	0,98	17,4	17,8	776	13,1	8,88	40,1
Fazenda E	45,8	1,11	16,2	14,7	568	1,40	9,05	32,8
Fazenda F	39,1	1,23	16,0	13,1	1.267	3,28	8,84	31,8

* MS – Matéria seca; N – Nitrogênio; C – Carbono; NH₄-N – Amônia; NO₃-N – Nitrato.

**Materiais utilizados: A – serragem, lascas de madeira, palha de linho e palha de trigo; B – serragem e casca de aveia; C – pó de palha; D – serragem e palha de soja; E – palha de trigo picada, palha de soja picada; F – palha de soja, serragem.

Fonte: Adaptado de Shane, Endres e Janni (2010).

Elashhab, Sadik e Zahran (2019), utilizaram a palha de palmeira como material de cama e reconheceram que a utilização da palha de palmeira fez com que os custos advindos da aquisição de outros materiais de cama fossem diminuídos, pois a palha apresenta um valor menor de mercado.

A taxa de lotação no sistema CB é definida pela mensuração da quantidade de fezes, variando de 50 a 70kg de esterco/dia de acordo como tamanho e produção de leite, e urina que são depositados por dia sobre o material, pela eficácia da atividade microbiana da cama e a sua capacidade de manter o equilíbrio entre a umidade e a temperatura. Conforme Janni et al. (2007), além das variáveis qualidade da matéria orgânica utilizada e manejos adequados

permitindo que a compostagem ocorra de forma correta, a existência de um espaço que permita que todos os animais se deitem ao mesmo tempo, locomovam-se livremente até os bebedouros e comedouros é fundamental, ou seja, a densidade animal/m².

2.2. Efeito do ambiente no sistema *compost barn*

No sistema CB, o ambiente de produção é dividido no meio sólido (cama) e no meio gasoso (ar) do entorno. Esses dois microambientes formam o ambiente de produção ao qual as vacas estarão expostas, portanto, devem-se considerá-los para a caracterização do efeito bioclimático. Diversos são os fatores que podem influenciar na eficiência de um CB. Dentre eles, pode-se considerar as condições ambientais internas da instalação. Independentemente do sistema de produção adotado, os animais devem estar alojados em um ambiente dentro da faixa de termoneutralidade (zona de conforto limite para a espécie).

No contexto da ambiência animal, devem-se considerar as variáveis meteorológicas, como a temperatura e a umidade relativa do ar, complementadas pela temperatura e características da cama. Diante disso, deve-se atentar para que, em um sistema de CB, a maioria dos trabalhos relatam as variações e a importância do controle das condições térmicas da cama, e não só do ambiente aéreo, considerando que o ambiente físico influencia nas perdas de calor da cama. Torna-se necessária uma correlação entre esses dois ambientes localizados no mesmo sistema de produção.

A durabilidade da cama está intimamente ligada à estação do ano, pois os teores de umidade relativa (UR) diminuem a padrões aceitáveis durante o verão, aumentando o tempo de duração da mesma no sistema (ECKELKAMP, 2014). Portanto, isso nos leva a acreditar que, para cada país onde o sistema de CB for implantado, há a necessidade de estudos relacionados ao clima regional. Nesse caso, verifica-se a importância da definição de condições e recomendações de camas para as diferentes regiões brasileiras.

Numa associação entre o ambiente aéreo e a qualidade de cama, Bewley et al. (2012) demonstraram que temperaturas ambientais mais frias associadas a uma UR elevada são prejudiciais ao estabelecimento e ao processo de compostagem. Para Lobeck et al. (2012), quando a umidade do composto estiver elevada, recomenda-se manejar uma nova camada de material ou diminuir a taxa de lotação do galpão.

Peixoto et al. (2019), em um estudo realizado no município de Quixadá, no Ceará, com o intuito de avaliar as variáveis ambientais, fisiológicas e comportamentais de bovinos leiteiros criados em sistema de CB, a fim de relacionar a influência desses fatores ao conforto térmico

dos animais, observaram que, durante o período do ambiente, caracterizado como período seco, as condições ambientais (temperatura e umidade relativa) foram desfavoráveis, resultando em frequência respiratória maior para os animais e valores mais elevados da temperatura de bulbo seco (TBS) ($P < 0,05$).

A ventilação é uma grande aliada ao processo de compostagem da cama e à manutenção das condições ideais de conforto animal. Em relação à ventilação natural, esta poderá ser benéfica se a orientação da instalação for direcionada para os ventos predominantes da região (JANNI et al., 2007). Porém, caso não haja uma ventilação natural ideal, deve-se utilizar os ventiladores (ventilação mecânica), classificados como alto volume e baixa rotação (HVLS) e baixo volume e alta rotação (LVHS) (LESO, 2015).

A ventilação artificial no CB com galpões abertos deve ser de 3m/s. (BLACK et al., 2013). Esse valor permitirá uma maior taxa de secagem do material, favorecendo todo o processo de compostagem. Damasceno (2012) também destaca a importância da ventilação nos sistemas de CB, pois a escolha correta do sistema de ventilação favorecerá a eliminação eficaz dos gases, do calor e a correta secagem da cama. Shane, Endres e Janni (2010) afirmam que, para melhorar a eficiência do uso dos ventiladores, recomenda-se a instalação dos mesmos sobre a cama com uma angulação de 15° a 30°, o que promoverá a melhor circulação dos gases.

2.3. Integridade física, sanidade e comportamento dos animais no sistema *compost barn*

Inúmeros são os fatores que podem fazer com que as vacas de leite tenham sua produção afetada, destacando-se o estresse térmico, a integridade física e a sanidade como fatores principais, ocasionando alterações comportamentais, perdas produtivas e reprodutivas do rebanho e, conseqüentemente, a perda econômica (BILBY et al. 2009). Com relação ao comportamento dos animais, o sistema de CB proporciona fatores que interferem de maneira positiva nas vacas de leite, proporcionando a oportunidade destas interagirem com os outros animais da mesma espécie, bem como com os seres humanos.

Tais interações podem ser evidenciadas por meio de comportamentos tanto positivos quanto negativos do animal e, segundo Fregonesi e Leaver (2001), em galpões de CB, o comportamento caracterizado como positivo mais observado é o de deitar, sendo um indicativo de bem-estar animal. Os mesmos autores citam que vacas nestes sistemas permanecem aproximadamente 10 a 14 horas por dia deitadas.

Valores próximos foram apresentados por Barberg et al. (2007), que, em um estudo com 12 sistemas de CB em Minnesota, descrevem que as vacas ficavam deitadas 9,3 horas por dia,

justificando tais valores: o sistema proporciona uma superfície macia e com temperatura superficial menor que a do ambiente interno de produção, permitindo que o animal realize uma troca térmica (condução) com o ambiente de forma mais eficaz.

Ofner-Schröck et al. (2015) observaram cerca de 138 animais divididos em cinco fazendas leiteiras que utilizam o sistema de CB. Os resultados demonstraram que não houve diferença no comportamento de deitar entre as horas do dia e as temperaturas dos galpões, influenciando nos comportamentos apenas as propriedades que utilizam o CB.

De maneira contrária, Pilatti et al. (2019) realizaram um estudo em galpões de CB no Paraná, demonstrando que vacas multíparas obtiveram comportamentos considerados negativos (como o empurrão) maiores se comparadas às primíparas, sendo o período da tarde o horário de maior pico. Outros resultados demonstram que, em ambos os grupos, os animais preferiram ficar deitados no período da manhã, e, durante a tarde, realizar os comportamentos de ruminção.

Comparando dois sistemas diferentes de criação de vacas de leite, FS e CB, Eckelkamp (2014) relata que os animais permaneceram mais tempo deitados no CB se comparados aos do FS com acesso a pasto, apresentando valores de $13,1 \pm 0,5$ e $9,6 \pm 0,5$ h/d, respectivamente. Com relação à integridade física (claudicação e sujidade) e à qualidade do leite dos animais criados no sistema de CB, Barberg, Endres e Janni (2007) demonstram que o sistema leva à uma diminuição da sujidade do úbere dos animais, garantindo uma menor incidência de quadros de mastites, diminuição da contagem de CCS e um leite de melhor qualidade, desde que o manejo na pré e pós-ordenha seja adequado.

Pilatti et al. (2019) demonstraram em seu estudo que animais classificados como primíparas apresentaram médias de escore de limpeza significativamente menor ($p < 0,05$) que os animais classificados como multíparas, porém os valores observados mantiveram-se entre 1 e 2. De forma oposta, Fregonesi e Leaver (2001) relatam que o sistema de CB pode ocasionar alguns efeitos negativos em relação à sanidade do rebanho devido aos animais passarem um maior tempo deitados, expondo o úbere à patógenos no ambiente. Os autores, ao compararem o sistema com um sistema FS, verificaram um escore de higiene e CCS (386.000 e 118.000 células/mililitro de leite, respectivamente) maiores no primeiro sistema em relação ao segundo.

Lobeck et al. (2012) compararam três sistemas fechados de criação leiteira (FS com ventilação natural-NV, FS com ventilação cruzada-CV e o sistema de CB), sendo o experimento realizado em 18 fazendas leiteiras comerciais, 6 de cada tipo de alojamento, em Minnesota e no leste de Dakota do Sul. Os autores observaram que os animais no sistema de CB obtiveram um escore de higiene mais alto, sendo os escores avaliados em uma escala de 1 a 5 (onde 1 =

limpo e 5 = muito sujo), quando comparados aos de FS (CV e NV), esse resultado justifica-se pelo fato do experimento ter sido realizado no período de frio e com a dificuldade em manejar a cama do composto. A pontuação para o CB foi de 3,18, e, para o sistema de NV e CV, foi de 2,83 e 2,77, respectivamente.

Fávero et al. (2015) identificaram características de cama de compostagem associadas com índices epidemiológicos de mastite, limpeza de vacas e concentração de populações bacterianas selecionadas encontradas em leite de tanque a granel, como também monitoraram a ocorrência de surtos de mastite ambiental e descreveram o perfil de patógenos isolados de casos de mastite nas vacas alojadas no sistema CB. Os referidos autores identificaram que *coliformes* spp. e *Streptococos* spp. ambientais foram os patógenos mais frequentes isolados de casos clínicos de mastite.

Em seu estudo com 42 galpões de CB, Black et al. (2014) identificaram diversos patógenos isolados, dentre eles, *Coliformes*, *Escherichia coli*, *Streptococos*, *Estafilococos* e *Bacillus* spp, apresentando valores de contagem bacterianas de $6,3 \pm 0,6$, $6,0 \pm 0,6$, $7,2 \pm 0,7$, $7,9 \pm 0,5$ e $7,6 \pm 0,5$ log₁₀ ufc/g de matéria seca, respectivamente. O mesmo estudo demonstrou que a multiplicação dos patógenos do grupo *Streptococos* spp atingiam um pico na proporção C:N variando de 16:1 a 18:1.

Em um trabalho realizado na Itália, Biasato et al. (2019) avaliaram como efeito comparativo dois sistemas de criação de vacas de leite, o FB e o CB. Sendo que, com relação à qualidade do leite, os animais criados no segundo sistema apresentaram teor de porcentagem de gordura do leite maior (FB $3,54 \pm 0,12$ % x CB $4,04 \pm 0,11$ %), contagem de CCS menor (FB 425.000 x CB 310.000 cels/ml), assim como a contagem bacteriana total (CBT) (FB 35.000 x CB 21.500 UFC/ml) e os coliformes no queijo produzido (FB 32.500 x CB 20.000 UFC/ml) ($p < 0,05$).

Albino et al. (2018), em uma tentativa de correlacionar os escores de higiene dos animais com a contagem de CCS no teto dos animais e nas amostras de leite de CB, encontraram apenas correlações de grau moderado, indicando ser uma ferramenta pouco eficiente para estimar populações bacterianas nesses locais. Barberg et al. (2007) demonstraram que as vacas no sistema CB apresentaram um escore de sujeidade médio de $2,66 \pm 0,19$, com 7,8 % dos animais se enquadrando no escore maior ou igual a 3 na escala de 1 a 5.

Outra alteração que afeta a sanidade e o bem-estar do rebanho é a claudicação, e segundo Chaplin et al. (2000), o sistema CB proporciona uma diminuição no aparecimento da enfermidade, pois permite uma maior movimentação do animal em uma superfície macia,

minimizando o desgaste dos cascos. A claudicação está associada a diversos fatores, onde a relação causa x efeito pode ser observada na tabela a seguir (tabela 5).

Tabela 5. Efeitos da claudicação na bovinocultura leiteira segundo os respectivos autores

Classificação	Efeito	Causa	Autores
Animal	Idade	Animais mais velhos apresentam 2x mais susceptibilidade para a claudicação.	Manske, Hultgren e Bergsten (2002)
	Nutricional	Distúrbio alimentar com excesso de concentrado.	EFSA (2009)
	Sobrecrescimento dos cascos	Relacionada ao desgaste, à pressão e ao tipo de alimentação a que o animal está sujeito.	Cook, Nordlund (2009)
	Genético	Animais mais propensos a lesões podais.	EFSA (2009)
Ambiental	Higiene	Conjunto de organismos e agentes químicos (chorume) que prejudicam a córnea da úngula e a pele interdigital.	Greenough (2007)
	Período de atividade / período de descanso	Animais com maior permanência na posição “em pé” possuem mais lesões na sola, na córnea e na região interdigital.	Galindo, Broom (2000)
	Densidade populacional	Tempo de descanso muito curto comprometendo a saúde dos cascos.	Fregonesi, Tucker e Weary (2007)
	Alojamento no piso	Grau de fricção dos pisos de cimento.	Fregonesi, Tucker e Weary (2007)
	Alojamento na cama	Camas não confortáveis que não incitam os animais a deitar.	Nordlund, Cook (2003)

Burgstaller et al. (2016), em um estudo feito na Áustria, avaliaram a prevalência de claudicação e lesões das patas dos animais mantidos em 5 fazendas que utilizam o CB e em 5 fazendas que utilizam o FB, com a hipótese de que o composto proporcionaria menores quadros de claudicação e lesões de patas. A prevalência da claudicação foi baixa em ambos os sistemas (18,7 % CB e 14,9 % FS), entretanto, os animais no CB apresentaram um resultado significativamente menor da doença da linha branca (20,4 % CB e 46,6 % FS), causadora da claudicação.

Adams et al. (2017), em um estudo realizado com cerca de 191 fazendas leiteiras que possuem o CB, demonstraram que cerca de 90,4 % dos animais apresentavam escore de locomoção 1, considerado bom, 6,9 % apresentaram escore 2, leve à moderado, e 2,7 % dos animais se enquadraram como escore 3, considerado severo. No Brasil, Costa et al. (2017), em um estudo feito no estado do Paraná, com 50 fazendas, compararam a prevalência da

claudicação e lesões do jarrete em animais que viviam em FS, em CB e na combinação dos dois sistemas. Os resultados indicaram uma prevalência geral de claudicação menor nas fazendas com CB (14,2 %) em comparação com as de FS (22,2 %) e as fazendas com FS + CB (22,2 %), o mesmo padrão foi encontrado para as lesões dos jarretes, onde a prevalência foi de (0,5 %), (9,9 %) e (5,7 %) para fazendas CB, FS e FS + CB, respectivamente.

A prevalência de claudicação relatada na maioria dos trabalhos com CB foi muito menor do que a prevalência medida em galpões FS de 24,6 % (ESPEJO; ENDRES; SALFER, 2006) e 27,8 % (COOK; NORDLUND, 2009).

2.4. Desempenho zootécnico dos animais no sistema *compost barn*

Barberg et al. (2007) observaram que os animais nos galpões de CB apresentaram uma mudança gradual em relação à saúde. Os mesmos autores verificaram o maior consumo de matéria seca, contribuindo para o aumento da produção de leite.

Quando o sistema é bem manejado, respeitando rigorosamente o protocolo de remoção de cama, o tempo de permanência do material no galpão e o número adequado de animais, as vacas permanecem limpas (12,1 % a mais), ocorre o aumento na produção de leite (produção média de leite/vaca de 27,2 kg por dia, com um percentual médio de gordura e proteína de 3,85 % e 2,35 %, respectivamente) e menor incidência de ferimentos nas pernas e patas (1,7 % a menos), se comparado com o FS (DAMASCENO, 2012). Astiz et al. (2014), em um estudo conduzido em uma fazenda leiteira comercial no leste da Espanha, com 423 vacas em lactação, distribuídas aleatoriamente na secagem em um grupo com animais alojados em CB (n=242) e em outro grupo com animais alojados em um sistema de cama de palha (n=181), relataram que os animais no primeiro sistema apresentaram uma maior produção de leite/dia (38,38 vs. 36,70 L/d; p=0,022), bem como uma maior produção nos primeiros 100 dias da lactação seguinte (37.787 vs. 35.387 L/lactação; p=0,011).

Black et al. (2013), em uma pesquisa de campo com 42 fazendas e 47 instalações de CB localizados em Kentucky nos EUA, verificaram que a produção média diária de leite aumentou em fazendas que passaram a usar o sistema de CB, se comparada com a produção de leite antes da instalação do sistema (30,7 ± 0.3 vs 29,3 ± 0.3 L/d, respectivamente).

Com relação a parte reprodutiva do rebanho, a introdução do CB proporciona efeitos positivos. Endres e Janni (2013), demonstraram que o sistema leva a melhorias na taxa de detecção de cio (25,9 %) e na taxa de prenhes (34,5 %). Astiz et al. (2014), de forma contrária, avaliando vacas no período de lactação, distribuídas aleatoriamente em animais alojados no

sistema de CB (n=242) e em animais alojados no sistema de cama de palha (n=181), não encontraram diferença significativa para os índices de gravidez após a primeira inseminação, quadros de metrite e endometrite citológica e taxa de mortalidade/abate entre os grupos.

No comportamento reprodutivo, Phillips e Schofield (1994), em um estudo realizado no Reino Unido, utilizando 40 vacas leiteiras alojadas em um sistema de CB, relataram que os animais demonstram mais vezes o comportamento de estro (cheirar e lamber a genitália) (0,3 vs 0,2 incidências/30min.) e menos montas mal sucedidas (0,4 vs 0,5 incidência/30min.), se comparados com animais alojados em sistema FS, respectivamente. Tais comportamentos são justificados pelos autores: uma vez que o sistema de CB proporciona uma melhor superfície de contato dos cascos, conseqüentemente gera menores índices de lesões, melhorando a saúde desses animais.

Toda melhoria na parte reprodutiva em uma fazenda de leite sempre está associada a ganhos econômicos e zootécnicos (número de nascimentos) para o produtor. O fato de um sistema proporcionar às vacas ficarem prenhas mais rapidamente e em maiores quantidades possibilita que esses animais permaneçam ao longo de sua vida produtiva em início de lactação (fase essa de maior produção de leite e melhores retornos econômicos), como também deixem mais crias na propriedade (LINDEROTH, 2011).

2.5. Geoestatística para avaliação das variáveis temperatura e umidade da cama de *compost barn*

Uma das técnicas mais utilizadas para se avaliar o perfil e a distribuição dos elementos do ambiente em sistemas de criação intensiva de animais de produção é a geoestatística, sendo cada vez mais utilizada como ferramenta de análise e tomada de decisão para o produtor e/ou pesquisador quanto ao estado e manejo com a cama, uma vez que tal método permite avaliar se a mesma se encontra dentro dos padrões exigidos de qualidade.

A análise geoestatística é caracterizada como um conjunto de métodos utilizados para analisar e prever valores de uma variável de interesse, sendo um procedimento que se difere da análise estatística clássica. A análise estatística clássica pressupõe não haver relação entre a variação e a distância entre pontos de amostragem, já a geoestatística é capaz de avaliar um banco de dados considerando a variação e distância entre os pontos, bem como se há ou não uma dependência espacial do local ou superfície a ser estudada (CARVALHO et al., 2012).

Segundo Vieira (2000), quando os dados apresentam uma distribuição não homogênea, e, entre um ponto de coleta a outro, há diferença ou similaridade, a utilização da geoestatística permite uma visão espacial dos dados do local ou superfície estudada, permitindo observar

como os dados coletados estão se comportando e, assim, tornando-se uma ferramenta de planejamento e controle do ambiente de produção. O autor cita ainda que tal método nos permite utilizar a interpolação dos dados e formar mapas de Krigagem, facilitando a visualização do local estudado.

Em estudos com cama de CB, uma vez que os pontos das variáveis coletadas envolvem duas direções (x, y), o método mais indicado na estimativa de dependência entre os pontos (amostras) coletados é o variograma (SILVA, 1988). Segundo Huijbregts (1975), o variograma, ferramenta de suporte às técnicas de Krigagem, permite representar quantitativamente a variação de um fenômeno regionalizado no espaço, tendo por definição “[...] a esperança matemática do quadrado da diferença entre os valores de pontos no espaço, separados por uma distância h [...]” (YAMAMOTO, 2013, p. 74).

Viana et al. (2019), utilizando 39 pontos de coleta, com o intuito de avaliar a distribuição espacial da temperatura superficial em duas instalações do tipo CB, sendo em um galpão utilizando a fibra de coco como material e em outro galpão a maravalha com areia, na região de Quixadá – Ceará, concluíram que a fibra de coco pode ser utilizada como material substituto da maravalha, devido ao forte grau de dependência em ambos os tipos de cama, considerando apenas a variável temperatura superficial.

Sampaio et al. (2019), realizando 60 pontos de coleta, avaliaram a distribuição espacial da temperatura superficial e interna da cama de CB que utiliza a bagana de carnaúba como substrato, na região do Ceará, demonstraram que os valores de temperatura interna não se mantiveram uniformes, atingindo valores máximos de 42,5 °C, indicando que o processo de compostagem estava falho, podendo facilitar a proliferação de agentes infecciosos. Já os valores da temperatura superficial se mantiveram menores que os valores do ambiente, o que pode ser considerado positivo para o conforto térmico dos animais.

Soares (2018), realizando 108 pontos de coleta, com o intuito de avaliar a distribuição espacial da temperatura (superficial e interna) e umidade do material da cama de CB, em três intervalos de coleta, localizado no município de Dois Vizinhos - PR, demonstrou que na análise geoestatística todas as variáveis estudadas apresentaram dependência espacial forte (> 88 %), novamente encontrando pontos de ineficiência no processo de compostagem.

Cada vez mais as técnicas de análise geoestatística, tais como a variabilidade espacial e as construções de mapas de Krigagem, têm se tornado uma potencial ferramenta de avaliação do ambiente térmico da cama em galpões de CB, devido a mesma auxiliar no domínio das informações de ambiência em instalações zootécnicas, proporcionando ferramentas mais

eficazes para identificação de possíveis problemas, e, com os dados obtidos, auxiliar o produtor rural a construir um ambiente (cama) dentro dos padrões de qualidade para os animais.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, A. E. et al. Associations between housing and management practices and the prevalence of lameness, hock lesions, and thin cows on US dairy operations. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 3, p. 2119-2136, 2017.
- ALBINO, R. L. et al. Comparison of bacterial populations in bedding material, on teat ends, and in milk of cows housed in compost bedded pack barns. **Animal Production Science**, v. 58, n. 9, p. 1686-1691, 2018.
- ASTIZ, S. et al. Enhanced udder health and milk yield of dairy cattle on compost bedding systems during the dry period: a comparative study. **Livestock Science**, v. 159, p. 161-164, 2014.
- BARBERG, A. E.; ENDRES, M. I.; JANNI, K. A. Compost dairy barns in Minnesota: a descriptive study. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 23, n. 2, p. 231-238, 2007.
- BARBERG, A. E. et al. Performance and Welfare of Dairy Cows in an Alternative Housing System in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 3, p. 1575-1583, 2007.
- BERNAL, M. P.; LOPEZ-REAL, J. M.; SCOTT, K. M. Application of natural zeolites for the reduction of ammonia emissions during the composting of organic wastes in a composting simulator. **Bioresource Technology**, v. 43, p. 35-39, 1993.
- BEWLEY, J. et al. **Compost bedded pack barn design: features and management considerations**. 2012. Disponível em: https://www.uky.edu/bae/sites/www.uky.edu/bae/files/id206_0.pdf >. Acesso em: 30 jan. 2018.
- BIASATO, I. et al. Compost bedded-pack barn as an alternative housing system for dairy cattle in Italy: effects on animal health and welfare and milk and milk product quality. **Italian Journal of Animal Science**, v. 18, n. 1, p. 1142-1153, 2019.
- BILBY, T. R. et al. Estratégias farmacológicas, nutricionais e de manejo para aumentar a fertilidade de vacas leiteiras sob estresse térmico. In: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 13, 2009, Uberlândia, MG. **Anais [...]**. Uberlândia: 2009, p. 59-71.
- BLACK, R. A. et al. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, p. 8060-8074, 2013.
- BLACK, R. A. et al. The relationship between compost bedded pack performance, management, and bacterial counts. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 2669-2679, 2014.
- BRITO, E. C. **Produção intensiva de leite em Compost Barn: Uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade**. 2016. 59p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados) - Universidade Federal de Juiz de Fora - MG, Juiz de Fora, 2016.

BURGSTALLER, J. et al. Claw health and prevalence of lameness in cows from compost bedded and cubicle freestall dairy barns in Austria. **Veterinary Journal**, v. 216, p. 81-86, 2016.

CARVALHO, T. M. R. et al. Use of geostatistics on broiler production for evaluation of different minimum ventilation systems during brooding phase. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 41, n. 1, p. 194-202, 2012.

CHAPLIN, S. J. et al. An evaluation of mattresses and mats in two dairy units. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 66, n. 4, p. 263-72, 2000.

COOK, N. B.; NORDLUND, K. V. The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics. **The Veterinary Journal**, v. 179, p. 360-369, 2009.

CORNELL WASTE MANAGEMENT ISTITUTE (CWMI). **Using manure solids for dairy barn bedding**. Department of Crop & Soil Sciences. 2006. Disponível em: <http://cwmi.css.cornell.edu/bedding.htm>. Acesso em: 25 jul. 2018.

COSTA, J. H. C. et al. Prevalence of lameness and leg lesions of lactating dairy cows housed in southern Brazil: effects of housing systems. **Journal of Dairy Science**, v. 101, 2017.

COSTA, M. J. R. P.; SILVA, L. C. M. **Boas práticas no manejo: Bezerros leiteiros**. 1. ed. (2. rev.) Jaboticabal: FUNEP, 2014. 51 p.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT, CEMPRE, 2000.

DAMASCENO, F. A. **Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model**. 2012. 404 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa – MG, Viçosa, 2012.

ECKELKAMP, E. A. **Compost bedded pack barns for dairy cattle: bedding performance and mastitis as compafreestalls**. Dissertation (Master's Degree of Science) - College of Agriculture, Food, and Environment at the University of Kentucky, Lexington, 2014.

ELASHHAB, A. O.; SADIK, M. W.; ZAHRAN, M. K. Application of date palm trees mulch as a bedding material for dry heifers, Part 2 – Preparing the Bedding Materials. **Materials Research Proceedings**, v. 11, p. 169-85, 2019.

ENDRES, M. I. et al. Performance and welfare of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 3, p. 1575-1583, 2007.

ENDRES, M. I.; JANNI, K. A. **Compost Bedded Pack Barns for Dairy Cows**. University of Minnesota - Extension, 2009. Disponível em: <http://www.extension.umn.edu/agriculture/dairy/facilities/compost-bedded-packbarns>. Acesso em: 31 jul. 2018.

EPSTEIN, E. **Industrial composting: environmental engineering and facilities management**. New York: Taylor & Francis, 2011.

ESPEJO, L. A.; ENDRES M. I.; SALFER, J. A. Prevalence of lameness in highproducing Holstein cows housed in freestall barns in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 3052-3058, 2006.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). Saponins in *Madhuca Longifolia* as undesirable substances in animal feed. **EFSA Journal**, v. 7, n. 2, p. 1-36, 2009.

FÁVERO, S. et al. Factors associated with mastitis epidemiologic indexes, animal hygiene, and bulk milk bacterial concentrations in dairy herds housed on compost bedding. **Livestock Science**, v. 181, p. 220-230, 2015.

FERNANDES, F. **Manual prático para compostagem de biossólidos**. Rio de Janeiro: PROSAB, 1999.

FREGONESI, J. A.; LEAVER, J. D. Behaviour, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in strawyard or cubicle systems. **Livestock Production Science**, v. 68, n. 2-3, p. 205-216, 2001.

FREGONESI, J. A.; TUCKER, C. B.; WEARY, D. M. Overstocking reduces lying time in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 7, p. 3349-3354, 2007.

GALINDO, F.; BROOM, D. M. A note on possible link between behaviour and the occurrence of lameness in dairy cows. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 67, p. 335-341, 2000.

GAY, S. W. Bedded-pack dairy barns. **Virginia Cooperative Extension**, Publication 442-124. 2009. Disponível em: https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/48410/442124_pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 30 jan. 2018.

GREENOUGH, P. R. **Bovine laminitis and lameness: a hands-on approach**. Philadelphia: W. B. Saunders, 2007. 328p.

GUIMARÃES, A. S.; MENDONÇA, L. C. **Compost barn: um novo sistema para a atividade leiteira**. 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139908/1/Cnpgl-2015-PanLeite-Compost.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2018.

HUIJBREGTS, C. J. Regionalized variables and quantitative analysis of spatial data. In: DAVIS, J. C.; MC CULLAGH, M. J. (ed.). **Display and analysis of spatial data**. John Wiley, p.38-53, 1975.

JANNI, K. A. et al. Compost dairy barn layout and management recommendations. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 23, n. 1, p. 97-102, 2007.

KADER, N. A. E. et al. Turning, compacting and the addition of water as factors affecting gaseous emissions in farm manure composting. **Bioresource Technology**, v. 98, n. 14, p. 2619-28, 2007.

KLAAS, I. C. et al. Cultivated barns for dairy cows: An option to promote cattle welfare and environmental protection in Denmark? **Dansk Veterinærtidsskrift**, v. 93, n. 9, p. 20-29, 2010.

LESO, L. **Performance and design of an alternative housing system for dairy cows**. 2015, 123 p. Thesis (Dottorato di Ricerca in Gestione Sostenibile delle Risorse Agrarie e Forestali) - Università degli Studi Firenze, Firenze, Italy, 2015.

LINDEROTH, S. **Monitor your herd's pregnancy rate**. 2011. Disponível em: <http://www.dairyherd.com/dairy-resources/Monitor-your-herds-pregnancy-rate-122938328.html>. Acesso em: 23 jul. 2018.

LOBECK, K. M. et al. Environmental characteristics and bacterial counts in bedding and milk bulk tank of low profile cross ventilated, naturally ventilated, and compost bedded pack dairy barns. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 28, n. 1. p. 117-128, 2012.

MANSKE, T.; HULTGREN, J.; BERGSTEN, C. Topical treatment of digital dermatitis associated with severe heel-horn erosion in a Swedish dairy herd. **Preventive Veterinary Medicine**, Amsterdam, v. 53, p. 215-231, 2002.

MATOS, A. T. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos**. Viçosa/MG: Editora UFV, 2014.

MILANI, A. P.; SOUZA, F. A. Granjas leiteiras nas regiões de Ribeirão Preto-SP. **Engenharia Agrícola Jaboticabal**, v. 30, n 4, p. 742-752, jul/ago. 2010.

MISRA, R. V.; ROY, R. N.; HIRAOKA, H. **On-farm composting methods**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2003. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/007/y5104e/y5104e00.htm>. Acesso em: 7 mar. 2018.

NORDLUND, K, V.; COOK, N, B. A flowchart for evaluating dairy cow freestalls. **The Bovine Practitioner**, v. 37, n. 2, p. 89-96, 2003.

NORTHEAST REGIONAL AGRICULTURAL ENGINEERING SERVICE (NRAES-54). Robert Rynk (ed.). **On-farm composting handbook**. Ithaca, NY: Cooperative Extension, 1992. 204 p.

OFNER-SCHRÖCK, E. et al. Compost barns for dairy cows - Aspects of animal welfare. **Open Journal of Animal Sciences**, v. 05, n. 02, p. 124-131, 2015.

PEIXOTO, M. S. M. et al. Thermoregulatory behavior of dairy cows submitted to bedding temperature variations in compost barn systems. **Biological Rhythm Research**, p. 1-10, 2019.

PHILLIPS, C. J. C.; SCHOFIELD, S. A. The effect of cubicle and straw yard housing on the behaviour, production and hoof health of dairy cows. **Animal Welfare**, v. 3, n. 1, p. 37-44, 1994.

PILATTI, J. A. et al. Diurnal behaviors and herd characteristics of dairy cows housed in a compost-bedded pack barn system under hot and humid conditions. **Animal**, v. 13, n. 2, p. 399-406, 2019.

RADAVELLI, W. M. et al. **Caracterização do sistema *compost barn* em regiões subtropicais brasileiras**. 2018. 52p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Produção Animal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó, 2018.

RUSSELLE, M. P. et al. Characteristics and nitrogen value of stratified bedded pack dairy manure. **Crop Management** [online], jul. 2009. Disponível em: <https://pubag.nal.usda.gov/pubag/downloadPDF.xhtml?id=46651&content=PDF>. Acesso em: 1 jun. 2018.

SAMPAIO, L. C. Avaliação da ambiência em uma instalação *compost barn*, em condições de clima semiárido, utilizando bagana de carnaúba como material de cama. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AMBIÊNCIA E ENGENHARIA NA PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL e VI SIMPÓSIO NACIONAL DE CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIÊNCIA, 5 a 7 de julho de 2019, Lavras, MG. **Anais** (on-line). Minas Gerais: SIAPAS/SIMCRA, 2019. Disponível em: http://www.siapas.com.br/Inscricoes/EBOOK_SIAPAS_SIMCRA.pdf. Acesso em: 24 de out. 2019.

SHANE, E. M.; ENDRES, M. I.; JANNI, K. A. Alternative bedding materials for compost bedded pack barns in Minnesota: A descriptive study. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 26, n. 3, p. 465-473, 2010.

SILVA, I. J. O. Climatização das instalações para bovino leiteiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1998, Piracicaba. **Anais** [...]. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.114-145.

SOARES, A. A. **Variabilidade espacial do microclima em sistema *compost barn*: influência na qualidade da cama, termorregulação e comportamento de vacas leiteiras**. 2018. 80 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos - PR, 2018.

STENTIFORD, E. I. Composting control: principles and practice. In: BERTOLDI, M. et al. **The science of composting**. Dordrecht: Springer, 1996.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H. D. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. McGraw-Hill: ed. Metcalf and Eddy, 2003.

VIANA, V. S. S. et al. Análise espacial da variável temperatura superficial de diferentes tipos de cama em instalação *compost barn*. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AMBIÊNCIA E ENGENHARIA NA PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL E VI SIMPÓSIO NACIONAL DE CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIÊNCIA, 5 a 7 de julho de 2019, Lavras, MG. **Anais** (on-line). Minas Gerais: SIAPAS/SIMCRA. Disponível em: http://www.siapas.com.br/Inscricoes/EBOOK_SIAPAS_SIMCRA.pdf. Acesso em: 24 de out. 2019.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.1-53, 2000.

WEATHER SPARK. **Condições meteorológicas médias de Kentucky, Estados Unidos**. 2019. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/15790/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Lexington-Fayette-Kentucky-Estados-Unidos-durante-o-ano>. Acesso em: 13 nov. 2019.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística**: conceitos e aplicações. São Paulo: Oficina de textos, 2013. 215p.

3. AVALIAÇÃO ESPACIAL DA CAMA DE CASCA DE ARROZ EM SISTEMA *COMPOST BARN*

Resumo

Para que todos os benefícios de um sistema *compost barn* sejam alcançados, o manejo, principalmente com a cama deve ser realizado de forma correta. Deve-se considerar as exigências quanto ao revolvimento do material, utilização de matéria orgânica de qualidade, ventilação adequada e uma taxa de lotação animal ideal, para que a compostagem ocorra de forma eficaz. Diante disto, este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial das características térmicas da cama de palha de arroz, utilizando valores de temperatura (superficial e interna) e umidade. A pesquisa foi realizada durante o verão, em fevereiro de 2019, no município de Monte Alegre de Minas - MG. Foram registrados os valores de temperatura e umidade da cama em intervalos durante os turnos da manhã, das 06h às 07h e das 08h às 09h, e da tarde, das 15h às 16h e das 17h às 18h, considerando o manejo do revolvimento, ou seja, antes e depois da movimentação da cama. As variáveis da cama foram coletadas em pontos distribuídos numa malha de 39 pontos. Os dados referentes ao microclima do galpão e da cama passaram pela análise estatística descritiva, com os dados submetidos ao teste t a 5 % de probabilidade. As análises geoestatísticas foram realizadas com o auxílio do programa *GS+ 7.0*, e os mapas de Krigagem foram gerados por meio do programa *Starts Surfer 9*. Os resultados mostraram que, houve diferenças significativas entre os turnos estudados ($p < 0,05$). Verificou-se dependência espacial (IDE) para as variáveis estudadas. Os valores para a temperatura superficial da cama estavam abaixo da temperatura do ambiente interno. A umidade da cama se apresentou dentro dos padrões exigidos. Os valores da temperatura interna da cama estavam abaixo do preconizado para que houvesse uma compostagem eficiente. Conclui-se que o sistema de CB com cama de casca de arroz, esteve dentro dos padrões de umidade, mas devido ao manejo errôneo a temperatura interna não foi suficiente para manter uma boa compostagem do material.

Palavras-chave: Compostagem; Ambiente; Geoestatística

Abstract

For all the benefits of a compost barn system to be achieved, management, especially with the bed, must be performed correctly. The requirements regarding material development, use of quality organic matter, adequate ventilation and an optimal animal capacity rate must be considered in order for composting to take place effectively. In view of this, this work aimed to evaluate the spatial variability of the thermal characteristics of rice straw bedding, using values of temperature (surface and internal) and humidity. The research was carried out during the summer, in February 2019, in the municipality of Monte Alegre de Minas - MG. The values of temperature and humidity of the bed were recorded at intervals during the morning shifts, from 6 a.m. to 7 a.m. and from 8 a.m. to 9 a.m., and in the afternoon, from 3 p.m. to 4 p.m. and from 5 p.m. to 6 p.m., considering the management of the revolving, that is, before and after the movement of the bed. The variables of the bed were collected in points distributed in a mesh of 39 points. The data regarding the microclimate of the shed and the litter went through the descriptive statistical analysis, with the data submitted to the t test at 5 % probability. The geostatistical analyses were performed with the aid of the GS+ 7.0 program, and the Krigagem maps were generated through the Starts Surfer 9 program. The results showed that there were significant differences between the shifts studied ($p < 0.05$). Spatial dependence (SDI) was verified for the studied variables. The values for the superficial temperature of the bed were below the temperature of the internal environment. The bed humidity was within the required standards. The values of the internal temperature of the bed were below the recommended for efficient composting. It is concluded that the system of CB with rice husk bed, was within the standards of humidity, but due to mismanagement the internal temperature was not sufficient to maintain a good composting of the material.

Keywords: Composting; Environment; Geostatistics

3.1. Introdução

O sistema *compost barn* (CB) está cada vez mais sendo adotado como um modelo alternativo para a criação intensiva de bovinos de leite pelo mundo e, por ser um sistema relativamente novo, vem sendo estudado por pesquisadores em diversas partes do mundo, como Reino Unido (PHILLIPS; SCHOFIELD, 1994), Estados Unidos (ENDRES et al., 2007; JANNI et al., 2007; SHANE; ENDRES; JANNI, 2010; DAMASCENO, 2012), Itália (LESO, 2013; BIASATO et al., 2019), Áustria (BURGSTALLER et al., 2016), Espanha (ASTIZ et al., 2013), Israel (KLAAS et al., 2010), Holanda (GALAMA et al., 2012) e Brasil (BRITO, 2016; COSTA et al., 2017; RADAVELLI, 2018; PEIXOTO et al., 2019; PILATTI et al., 2019). Dentre os motivos que tais países, e consequentemente seus produtores, optaram pela adoção desse sistema, pode-se citar inúmeras vantagens, tais como: os animais permanecem mais tempo deitados (conforto), apresentam escore de limpeza melhor nas regiões do úbere e pernas, redução no número células somáticas (CCS) no leite, facilidade na detecção do cio, aumento na produção de leite e redução do aparecimento de lesões nas regiões dos cascos e úbere (BARBERG et al., 2007; BLACK et al., 2013; ENDRES; JANNI, 2013; ECKELKAMP, 2014; BIASATO et al., 2019).

Como todo sistema de produção animal, para que o CB seja eficiente e proporcione todas as vantagens preconizadas, ele tem de ser manejado e conduzido de forma correta, atendendo os requisitos exigidos, tais como: tipologia do galpão a ser construída, taxa de lotação animal adequada de acordo com a raça e tamanho do rebanho, proporcionar uma dieta adequada aos animais de acordo com a exigência particular de cada lote, livre acesso para os comedouros e bebedouros, ventilação adequada tanto na cama como para os animais e, principalmente, o manejo correto com a cama (SHANE; ENDRES; JANNI, 2010; BEWLEY et al., 2012; ENDRES; JANNI, 2013; COSTA; SILVA, 2014). A cama de CB é o local em que ocorre a chamada compostagem, processo de geração de calor por meio da junção de uma fonte de Carbono (material utilizado na cama) com um material rico em Nitrogênio (fezes/urina dos animais), havendo a necessidade de revolvimento da cama para que ocorra a infiltração de ar e para que o nível de umidade fique adequado, facilitando assim o processo decomposição da matéria orgânica, sendo que ao final o material, chamado de composto orgânico, possa ser reaproveitado como fertilizante nas lavouras (TCHOBANOGLIOUS; BURTON; STENSEL, 2003; EPSTEIN, 2011).

Por ser um dos principais componentes do sistema de CB, a cama deve ter uma especial atenção do proprietário, principalmente com relação às exigências de manejo, tais como:

revolvimento do material de 2 a 3 vezes por dia (aeração), escolha do melhor material (matéria orgânica) a ser utilizada de acordo com a disponibilidade, realização da reposição e troca do composto no tempo correto e o correto dimensionamento do sistema de ventilação para o controle da umidade e temperatura do material e do ambiente de produção (STENTIFORD, 1996; KADER et al., 2007; GAY, 2009).

Uma das formas de avaliar a eficiência da compostagem do CB é por meio da qualidade e quantidade correta das fontes de Carbono e Nitrogênio utilizadas, bem como dos níveis de temperatura (43 °C a 65 °C) (JANNI et al. 2007), e umidade (40 % a 65 %) (NORTHEAST REGIONAL AGRICULTURAL ENGINEERING SERVICE (NRAES-54), 1992) existentes na cama. Todo esse processo reflete na compostagem, que altera a temperatura da cama. Nesse sentido, a geoestatística é uma ferramenta que auxilia na avaliação espacial e temporal do perfil da mesma. Essas informações poderão auxiliar técnicos e produtores a melhorar o manejo da cama e conseqüentemente a eficiência do sistema.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição temporal e espacial das variáveis temperatura (superficial e interna) e umidade da cama de casca de arroz, em função das condições ambientais internas do galpão.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Descrição geral do sistema

O projeto de pesquisa teve a aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, com o protocolo n° 2018.5.2288.11.3, n° CEUA: 2018-35.

A pesquisa foi realizada em uma fazenda comercial, situada no município de Monte Alegre de Minas - MG, localizada na latitude 18°52'15" S e longitude 48°52'51" W a 749 metros acima do nível do mar, com o sistema de criação de gado leiteiro do tipo *compost barn*. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é considerado subtropical úmido com inverno seco e verão quente (Cwa) (ALVARES et al., 2013). A região apresenta uma pluviometria anual média entre 1.300 até 1.500 mm, com temperaturas variando de 16 °C a 31 °C, e níveis de umidade relativa (UR) variando de 20 % a 80 %.

O período experimental ocorreu ao longo do mês de fevereiro de 2019, durante o verão, com o sistema sendo implantado na propriedade em 02 de fevereiro de 2018, seguindo a direção norte-sul, alojando cerca de 121 animais de padrão racial Girolando (7/8), com uma produção

total diária que varia de 3.800 a 4.200 litros de leite. Os animais estavam divididos em dois lotes, um contendo 65 vacas primíparas, com uma média de produção de 27 kg/leite/dia, e outro com 56 vacas multíparas, com uma média de produção de 33 kg/leite/dia.

A estrutura física do galpão totalizava uma área de 1750 m² (70 m x 25 m), uma área de descanso com cama de casca de arroz de 1050 m² (70 m x 15 m), pista de alimentação de 350 m² (70 m x 5 m), pista com bebedouros de 350 m² (70 m x 5 m) e uma sala de ordenha próxima ao galpão (modelo canalizada tipo espinha de peixe) com seis conjuntos de teteiras (figura 4). Na pista de alimentação, há um cocho único de 70 m de comprimento, que percorre todo o galpão, sua parte interna possui uma altura de 0,50 m e a parte externa, local onde o trator passa com o alimento, uma altura de 0,90 m. No lado contrário à área de alimentação, estão localizados três bebedouros com 3m de comprimento cada e espaçamento de 23 m entre eles, a uma altura de 80 cm do solo.

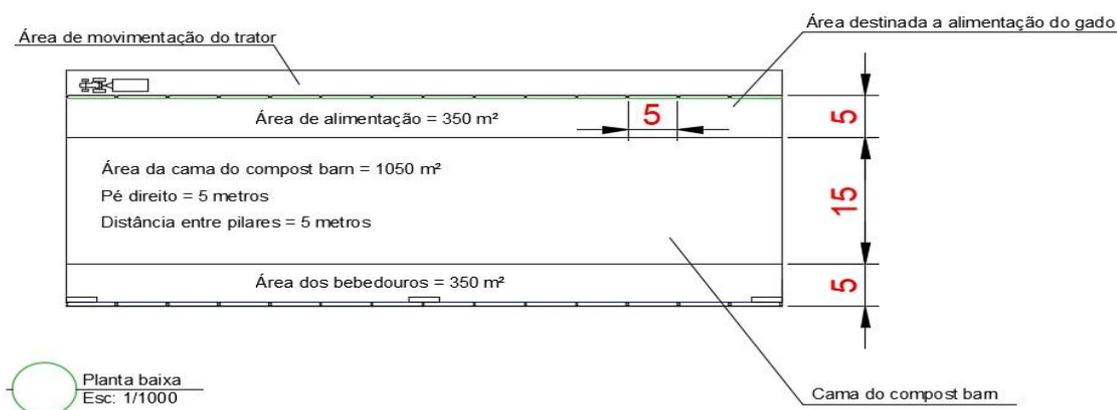


Figura 4. Planta baixa do galpão do *compost barn*

O galpão possuía um pé-direito de 5m de altura, com a estrutura do telhado de cobertura metálica e lanternim central, laterais abertas e beirais de 3m. Além disso, conta com 10 ventiladores (LVHS) de 4 pás, tendo cada um motor de 2 cavalos de força (cv) e capacidade de fluxo de ar de 37.638m³/h, sendo ligados todos os dias a partir das 05h e desligados às 23h, totalizando 18h diárias.

Com relação ao posicionamento dos ventiladores no sistema, os mesmos foram alocados em duas linhas com cinco ventiladores de cada lado, a 3,5m de altura da cama com um ângulo de inclinação voltado para baixo a 30°, fazendo, assim, com que os ventiladores desloquem o ar até a base do próximo ventilador (figura 5).



Figura 5. Estrutura do galpão de *compost barn*

Em relação ao manejo da cama, esta era revolvida duas vezes ao dia, no momento em que as vacas estavam na ordenha ou nas pistas laterais à cama, nos horários das 07h às 08h pela manhã e das 16h às 17h pela tarde. A cama era revolvida utilizando-se um revolvedor (grade) acoplado ao trator, atingindo uma profundidade de 30 cm do material, com a finalidade de incorporar os dejetos, descompactar a cama e promover maior aeração que, conseqüentemente, promove controle de umidade e uma adequada compostagem.

3.2.2. *Variações do Microambiente*

Durante 30 dias foi realizado o monitoramento das variações climáticas do ambiente de produção, com o registro da temperatura do ar e da umidade relativa. Nesse caso, utilizaram-se 3 dataloggers da marca HOBOTM (U10-003), que foram instalados internamente na linha central do galpão pendurados nas tesouras do telhado, a uma altura de 2,10 m do chão, sendo os equipamentos 1, 2 e 3 posicionados na mesma linha do 5º, 8º e 11º pilares de sustentação do telhado respectivamente. Esses aparelhos foram programados para realizar os registros a cada 30 minutos de forma ininterrupta. Os dados registrados foram então utilizados para caracterizar se o microambiente da região no período das avaliações estava adequado, bem como uma forma de associação das variáveis temperatura e umidade relativa do ar com os dados obtidos no estudo da cama de CB.

3.2.3. Estudo da cama

Para avaliação da distribuição espacial e temporal da temperatura (superficial e interna) e umidade da cama, foi demarcada uma malha regular com 39 pontos de coleta (figura 6).

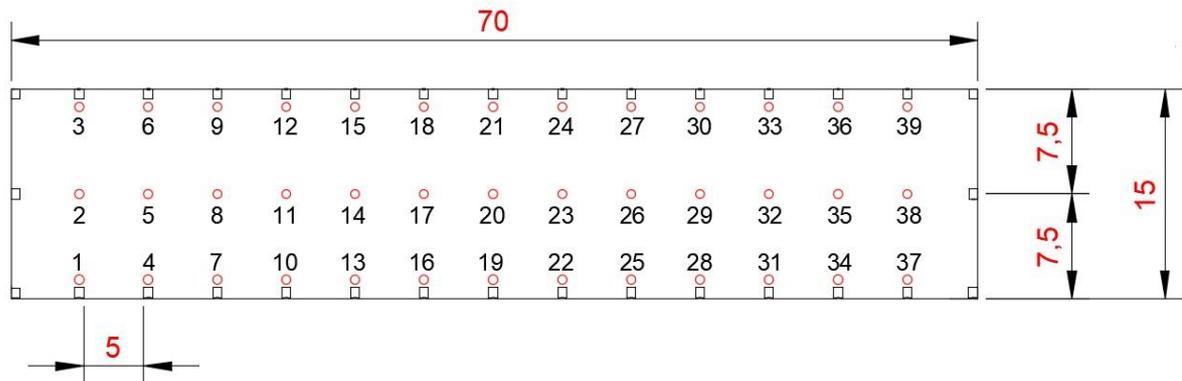


Figura 6. Croqui ilustrativo dos pontos de coleta das variáveis temperatura superficial e interna e umidade da cama de *compost barn*

As amostras eram coletadas para avaliação das variáveis 4 vezes ao dia. Os horários das coletas respeitaram o manejo da propriedade, sendo: no turno da manhã, antes do revolvimento, das 06h às 07h, e após o revolvimento, das 08h às 09h; e no turno da tarde, antes do revolvimento, das 15h às 16h, e após o revolvimento, das 17h às 18h. Foram registradas 156 amostras de cama/dia, antes e após o revolvimento da mesma. Adotou-se a coleta dos dados 2 vezes por semana (segunda e sexta-feira), totalizado 312 amostras por semana e 1.248 amostras durante toda a pesquisa.

Na malha de pontos pré-estabelecidos, foi desconsiderada a bordadura, ou seja, as regiões das extremidades do galpão. Nas avaliações da temperatura superficial e interna da cama ($^{\circ}\text{C}$), foi utilizado um termômetro infravermelho digital com mira laser da marca Minipa MT-320A, com o qual a variável interna foi coletada a uma profundidade de 20cm da cama (figura 7, A e B).

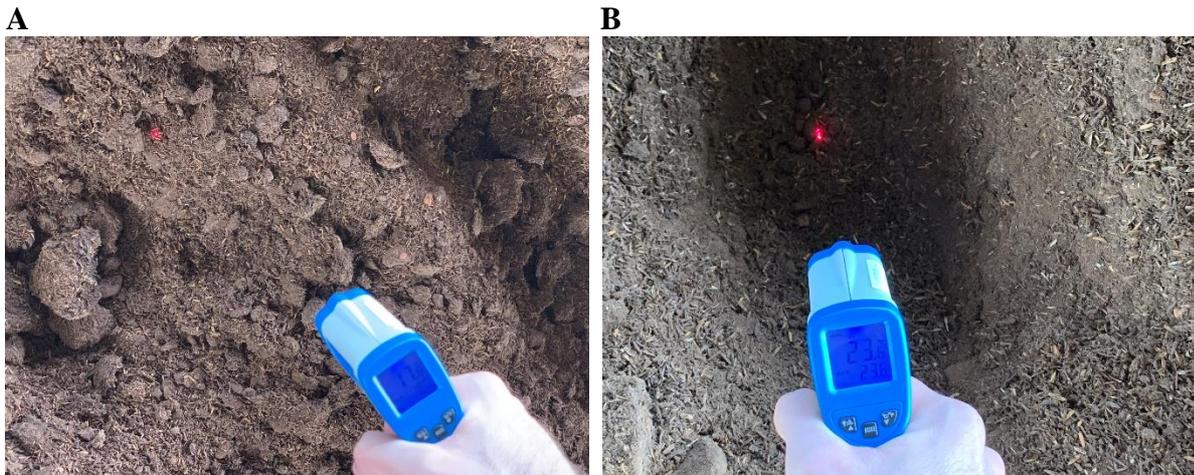


Figura 7. Termômetro infravermelho digital coletando temperatura superficial da cama (A); mesmo equipamento aferindo a temperatura a 20cm de profundidade (B)

Para a avaliação da umidade da cama (%), o material foi coletado a uma profundidade de 20cm, utilizando-se uma cavadeira articulada, e acondicionado em sacos plásticos previamente identificados de acordo com a data, o turno da coleta e a localização desta. Para a determinação da umidade relativa da cama, adotou-se a metodologia de Sales (2008) e Melo (2011), que preconiza o uso de uma amostra de 10g e a secagem em estufa a 105 °C por 24 horas. Foi utilizada uma estufa de esterilização da marca FANEM, modelo 315 SE (figura 8, A, B e C).



Figura 8. Amostra da cama armazenada em sacola plástica e colocada em recipiente de alumínio devidamente identificado (A); amostra sendo pesada em uma balança de precisão (B); amostras sendo colocadas na estufa para a secagem (C)

3.2.4. Análise dos dados

A análise dos dados foi processada em duas etapas. A primeira etapa consistiu na análise estatística descritiva, gerando valores de medidas de posição (média, mediana, máxima, mínima), medidas de dispersão (erro padrão da média, coeficiente de variação e desvio padrão da média) e medidas de forma de distribuição (coeficiente de assimetria e curtose). Confirmada a normalidade dos dados, através dos valores de simetria e curtose, realizou-se o teste F para homogeneidade de variâncias. Posteriormente realizou-se o teste de comparação de médias, em que os dados foram submetidos ao teste t a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram feitas com o auxílio do programa *Statistical Analysis System* (SAS).

Já na segunda etapa, foram utilizados métodos geoestatísticos (Krigagem), com a finalidade de caracterizar a variabilidade espacial da temperatura superficial e interna da cama de CB, bem como a umidade do material recolhido, através de ajustes de semivariogramas. Os modelos teóricos foram gerados a partir dos valores obtidos pelo cálculo de semivariograma proposto por Vieira (2000):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2$$

Em que: $\gamma(h)$ semivariância é amostral obtida através dos resultados alcançados; $N(h)$ considera-se o número de pares experimentais de dados que são separados por uma distância h ; $Z(X_i)$ é o valor determinado em cada ponto de leitura; $Z(X_i + h)$ é o valor médio de um ponto, mais uma distância h . Através do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de $\gamma(h)$, foram estimados os seguintes coeficientes: efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C_1$), componente estrutural (C), alcance de dependência espacial (a), índice de dependência espacial (IDE) e o valor de R^2 .

O efeito pepita é caracterizado como o valor da semivariância para distância zero, representando o componente da variação ao acaso; o patamar é o valor da semivariância cuja curva estabiliza sobre um valor constante; o alcance de dependência espacial é a distância da origem até onde o patamar atinge valores estáveis, demonstrando qual a distância que as amostras passam a não se correlacionar (VIEIRA et al., 1983; TRANGMAR; YOST; UEHARA, 1986). Na análise do IDE da cama de CB foi utilizada a relação definida no programa *GS+ 7.0* ($C_1/C_0 + C_1$) e os intervalos propostos por Zimback (2001), que considera

a dependência espacial fraca ($IDE \leq 25 \%$); moderada ($25 \% < IDE < 75 \%$) e forte ($IDE \geq 75 \%$).

Os valores gerados pelo efeito pepita (C_0), o IDE, o alcance (a), o coeficiente de determinação múltipla (R^2) e a menor soma do quadrado dos resíduos (SQR) foram utilizados para determinar qual o melhor modelo a ser utilizado, sendo os modelos teóricos gerados pela análise (esférico, exponencial, gaussiano e linear). Com o ajuste do melhor modelo a ser utilizado e a definição dos coeficientes para os semivariogramas, foi utilizado o método de Krigagem ordinária para a geração dos mapas, utilizando-se da estimativa por médias móveis (LANDIM, 1998). As análises geoestatísticas foram feitas com o auxílio do programa *GS+ 7.0*, já os mapas de Krigagem através do programa *Starts Surfer 9*.

3.3. Resultados e Discussão

3.3.1. Caracterização do microambiente de produção

Na tabela 6 são apresentados os resultados médios das variáveis temperatura e umidade relativa do ar registradas no interior do galpão. Verifica-se que, em ambos os turnos (manhã e tarde), os valores médios das variáveis apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). Essas variações eram esperadas, pois os valores para temperatura no período matutino geralmente são inferiores ao período vespertino. Inversamente ocorre com a umidade relativa do ar.

Os dados dessa pesquisa corroboram os encontrados por Soares (2018), cujo estudo, realizado na região de Dois Vizinhos - PR, encontrou valores de temperatura do ar e umidade relativa em galpões de CB, respectivamente, de $23,5 \text{ }^\circ\text{C}$ e 70% pela manhã, e de $28,0 \text{ }^\circ\text{C}$ e 60% pela tarde. Peixoto et al. (2019), em estudo realizado na região de Quixadá - CE, demonstraram que durante o verão a temperatura do ar no interior dos galpões de CB atingiu valor de $28,8 \text{ }^\circ\text{C}$, já o valor para a umidade relativa do ar se encontrava na faixa de 67% , sendo valores próximos aos encontrados no presente trabalho.

Deve-se considerar que mesmo aparentando valores médios de $22,54 \text{ }^\circ\text{C}$ e $28,79 \text{ }^\circ\text{C}$, esses valores em geral são baixos para uma condição de verão num país tropical como o Brasil. Por outro lado, os valores de umidade relativa para o horário mais quente do dia (período da tarde) foram de apenas $62,27 \%$.

Tabela 6. Temperatura e umidade relativa do ar do ambiente interno do galpão de *compost barn* para bovinos leiteiros, em diferentes turnos, no verão

Estação	Turno	Temperatura (°C)	Erro padrão da média	p-valor
Verão	Manhã	22,54 B	0,22	<0,0001*
	Tarde	28,79 A	0,33	
	Turno	Umidade relativa (%)	Erro padrão da média	p-valor
	Manhã	93,26 A	0,89	<0,0001*
Tarde	62,27 B	1,94		

Médias com letras maiúsculas diferentes na coluna diferem entre si a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t. NS - Não significativo; * Significativo a 0,05 ($P < 0,05$).

3.3.2. Análise das variáveis espaciais da cama de *compost barn*

As análises das variáveis espaciais, temperaturas (externa e interna) e umidade da cama de CB foram apresentadas separadamente de acordo com as tabelas e figuras subsequentes. Na apresentação dos resultados, é importante salientar o IDE dos pontos avaliados, sendo que, para a sua classificação, foi utilizada a fórmula apresentada no programa *GS+ 7.0* (C_1/C_0+C_1), como também os intervalos propostos por Zimback (2001), que considera o IDE como fraco ($IDE \leq 25\%$); moderado ($25\% < IDE < 75\%$) e forte ($IDE \geq 75\%$), sendo que, quanto maior for a porcentagem, melhor a mensuração e/ou qualidade das predições e inferências sobre a variabilidade espacial do fenômeno (cama) estudado.

3.3.2.1. Temperatura superficial da cama de *compost barn*

A tabela 7 demonstra os valores médios para a temperatura superficial da cama de CB em diferentes turnos, sem e com o revolvimento do material. Nota-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os revolvimentos apenas para o turno da tarde.

Tabela 7. Temperatura superficial da cama de *compost barn* em diferentes turnos, antes e depois do revolvimento, durante o verão

Estação	Turno	Revolvimento	Temperatura (°C)	Erro padrão da média	p-valor
Verão	Manhã	Antes (6h - 7h)	19,46 A	0,23	0,4514 NS
		Depois (8h - 9h)	19,71 A	0,23	
	Tarde	Antes (15h - 16h)	22,79 B	0,24	<0,0001*
		Depois (17h - 18h)	25,04 A	0,16	

Médias com letras maiúsculas diferentes na coluna diferem entre si a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t. NS - Não significativo; * Significativo a 0,05 ($P < 0,05$).

Segundo Bewley et al. (2012), os valores de temperatura superficial da cama de CB geralmente apresentam-se abaixo das temperaturas do ambiente interno do galpão, devido a fatores como umidade, evaporação e velocidade do vento proporcionada pelos ventiladores no sistema auxiliarem na perda de calor do material na superfície, corroborando os valores encontrados nas tabelas 6 e 7. As maiores temperaturas encontradas depois do revolvimento, se comparadas com antes do revolvimento, ocorreram, pois, com o manejo da cama: o material mais aquecido no interior passa para a superfície, aumentando, assim, a temperatura da variável (tabela 7).

Esses resultados corroboram os encontrados por Radavelli (2018), que apresentou valores médios de temperatura da cama de maravalha, antes e depois do revolvimento, de 25,00 °C e 26,30 °C, respectivamente. Corroboram também com os dados obtidos por Mota (2018), cujos valores para o período da tarde, antes do revolvimento, foram de 24,53 °C e, após o revolvimento, de 26,13 °C.

Com relação aos turnos, os valores observados à tarde foram maiores que os observados pela manhã, corroborando com o trabalho realizado por Sampaio et al. (2019), que encontraram valores de temperatura superficial da cama de bagana de carnaúba para o turno da manhã e da tarde de 27,80 °C e 32,40 °C, respectivamente. Viana et al. (2019), em outro estudo, em dois galpões de CB, sendo um utilizando a maravalha em associação com a areia e outro a fibra de coco, encontraram valores para o turno da manhã e da tarde de 28,90 °C e 34,50 °C, respectivamente, para o primeiro material utilizado e, para o segundo, valores de 28,50 °C e 33,90 °C, respectivamente. Corroborando os dados encontrados no presente estudo.

Por meio dos resultados da análise geostatística da temperatura superficial da cama de CB, foi possível observar um forte IDE para os horários das 06h - 07h, 08h - 09h, 15h - 16h e 17h - 18h, de 77,40 %; 93,30 %; 99,30 % e 96,10 %, respectivamente. Para os mesmos horários, foram apresentados valores de R^2 de 0,980; 0,996; 0,496 e 0,558, ajustados para os modelos Gaussiano, Gaussiano, Exponencial e Gaussiano, respectivamente (tabela 8).

Tabela 8. Modelo e parâmetros estimados a partir de semivariogramas experimentais para variável temperatura superficial da cama de *compost barn* em diferentes turnos, antes e depois do revolvimento, durante o verão

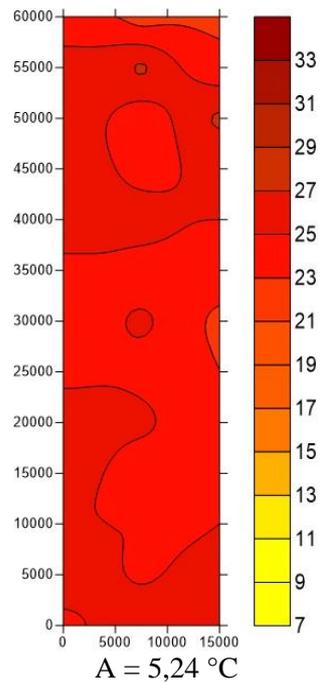
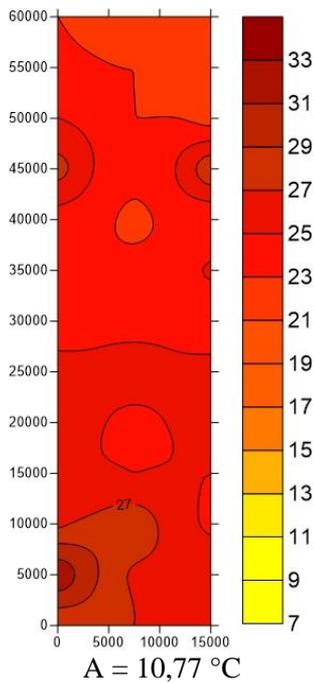
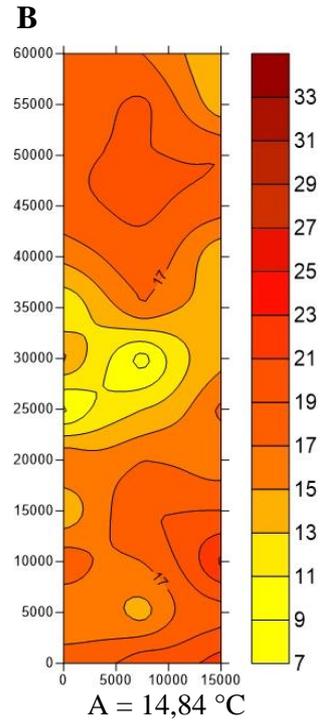
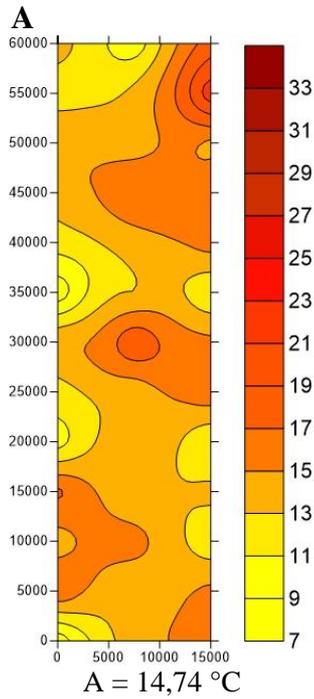
Turno	Revolvimento	C ₀	C ₀ +C ₁	Alcance (m)	IDE (%)	R ²	Modelo
Manhã	Antes (6h - 7h)	0,430	1,91	45,43	77,40	0,980	Gaussiano
	Depois (8h - 9h)	0,067	1,006	12,08	93,30	0,996	Gaussiano
Tarde	Antes (15h - 16h)	0,005	0,699	13,70	99,30	0,496	Exponencial
	Depois (17h - 18h)	0,061	1,59	8,62	96,10	0,558	Gaussiano

C₀ - efeito pepita; (C₀+C₁) - patamar; IDE - $(100 - (C_0/C_0 + C_1) * 100)$; IDE < 25% grau de dependência fraco, 25 < IDE < 75% moderado, IDE > 75% forte; R² - coeficiente de determinação.

A partir da utilização dos mapas de Krigagem e da análise descritiva dos dados de temperatura superficial da cama de CB, ambos gerados pelo programa *Starts Surfer 9*, é possível constatar que a variável temperatura superficial apresentou uma amplitude de 14,74 °C; 14,84 °C; 10,77 °C e 5,24 °C para os horários das 06h - 07h, 08h - 09h, 15h - 16h e 17h - 18h, respectivamente (figura 9, A e B; C e D). Os mapas de Krigagem permitem observar que, no turno da manhã, há uma tendência de os valores de temperatura superficial serem menores, sem o revolvimento (06h - 07h), do que com o revolvimento (08h - 09h) (figura 9, A e B).

Já para o turno da tarde, é possível observar que a cama de CB apresentou valores maiores de temperatura superficial, tanto antes como após o seu revolvimento, se comparados com os valores obtidos pelo turno manhã; como também uma menor amplitude e maior homogeneidade da variável (figura 9, C e D). Essa diferença na temperatura superficial da cama de CB entre os turnos, segundo Bewley et al. (2012), pode ser explicada pela relação direta da cama superficial com a temperatura do ambiente, na qual, no período da tarde, como demonstrado na tabela 6, a variável estudada estava mais elevada, influenciando nos valores dos mapas de Krigagem.

Fundo (Norte)



C

D

Frente (Sul)

Figura 9. Temperatura superficial da cama de *compost barn* pela manhã, antes do revolvimento (6h-7h) (A); pela manhã, depois do revolvimento (8h-9h) (B); pela tarde, antes do revolvimento (15h -16h) (C); e pela tarde, depois do revolvimento (17h -18h) (D), durante o verão A = Amplitude

3.3.2.2. Temperatura interna da cama de *compost barn*

Pela tabela 9, verificam-se os valores médios da temperatura interna da cama de CB nos diferentes turnos, antes e depois do revolvimento do material. Constata-se que tanto no período da manhã quanto no período da tarde houve influência significativa ($p < 0,05$) do revolvimento na temperatura da cama composta por palha de arroz.

Tabela 9. Temperatura interna da cama de *compost barn* em diferentes turnos, antes e depois do revolvimento, durante o verão

Turno	Revolvimento	Temperatura (°C)	Erro padrão da média	p-valor
Manhã	Antes (6h - 7h)	28,31 A	0,22	<0,0001*
	Depois (8h - 9h)	26,21 B	0,21	
Tarde	Antes (15h - 16h)	30,22 A	0,18	0,0011*
	Depois (17h - 18h)	29,13 B	0,27	

Médias com letras maiúsculas diferentes na coluna diferem entre si a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t. NS - Não significativo; *Significativo a 0,05 ($P < 0,05$).

Os menores valores foram encontrados depois do revolvimento, comprovando que esse manejo favorece a aeração da cama e, conseqüentemente, a redução da temperatura, pois ocorre uma inversão nas camadas da cama, sendo que a superior é direcionada para baixo e a inferior para a superfície, havendo o desprendimento de calor. Esse resultado corrobora o encontrado por Radavelli (2018), cujos valores, antes do revolvimento, foram de 43,08 °C e, depois do revolvimento, de 40,00 °C. Resultados contrários foram descritos por Mota (2018), cujos valores para o período da tarde antes e depois do revolvimento foram de 32,11 °C e 34,00 °C, respectivamente.

Os valores encontrados nesta pesquisa não foram os ideais, segundo recomendação da NRAES -54 (1992), para o qual a temperatura interna da cama deve estar entre 43,30 e 65,00°C. Os valores encontrados também estiveram bem abaixo do recomendado por Janni et al. (2007), os quais relatam valores ideais entre 54,00 e 65,00°C.

Tais resultados podem ter ocorrido devido ao manejo, como número de revolvimentos e a troca da cama de casca de arroz não terem sido feitos de forma correta na propriedade, bem como a casca de arroz possuir uma grande concentração de sílica, dificultando sua degradação e o processo de compostagem. Deve-se ressaltar que um manejo errado resulta em baixa quantidade de matéria orgânica e microrganismos atuantes no processo de compostagem.

Na análise geoestatística para a variável temperatura interna da cama de CB, também foi observada um forte IDE para os horários avaliados, de 100 %, 92,40 %, 99,90 % e 87,60 %,

respectivamente. Apresentando nos mesmos horários valores de R^2 de 0,818, 0,089, 0,713 e 0,254, ajustados para os modelos Esférico, Esférico, Esférico e Exponencial, respectivamente (tabela 10).

Tabela 10. Modelo e parâmetros estimados a partir de semivariogramas experimentais para variável temperatura interna da cama de *compost barn* em diferentes turnos, antes e depois do revolvimento, durante o verão

Turno	Revolvimento	C_0	C_0+C_1	Alcance (m)	IDE (%)	R^2	Modelo
Manhã	Antes (6h - 7h)	0,001	2,39	13,95	100	0,818	Esférico
	Depois (8h - 9h)	0,247	3,24	9,97	92,40	0,089	Esférico
Tarde	Antes (15h - 16h)	0,001	1,857	12,18	99,90	0,713	Esférico
	Depois (17h - 18h)	0,386	3,07	9,33	87,60	0,254	Exponencial

C_0 - efeito pepita; (C_0+C_1) - patamar; IDE $(100-(C_0/C_0 + C_1)*100)$; IDE < 25% grau de dependência fraco, 25 < IDE < 75% moderado, IDE > 75% forte; R^2 - coeficiente de determinação.

Através dos mapas de Krigagem e da análise descritiva dos dados para a variável temperatura interna da cama de CB é possível constatar que a variável apresentou uma amplitude de 13,49 °C e 21,78 °C, para os horários das 06h - 07h e 08h - 09h, e uma amplitude de 12,35 °C e 14,00 °C para os horários das 15h - 16h e 17h - 18h, respectivamente (figura 10, A e B, C e D). Os mapas permitem observar uma tendência para os maiores valores de temperatura interna da cama serem encontrados em ambos os turnos, antes do revolvimento, do que depois do revolvimento (figura 10, A e B, C e D).

Comparando a amplitude térmica da cama pelo revolvimento (sem x com), os valores sem o manejo apresentaram uma menor amplitude, pois o tempo sem revolvê-la fez com que o processo de compostagem agisse por mais tempo, assim tornando a cama nesse período mais homogênea (figura 10, A e B, C e D).

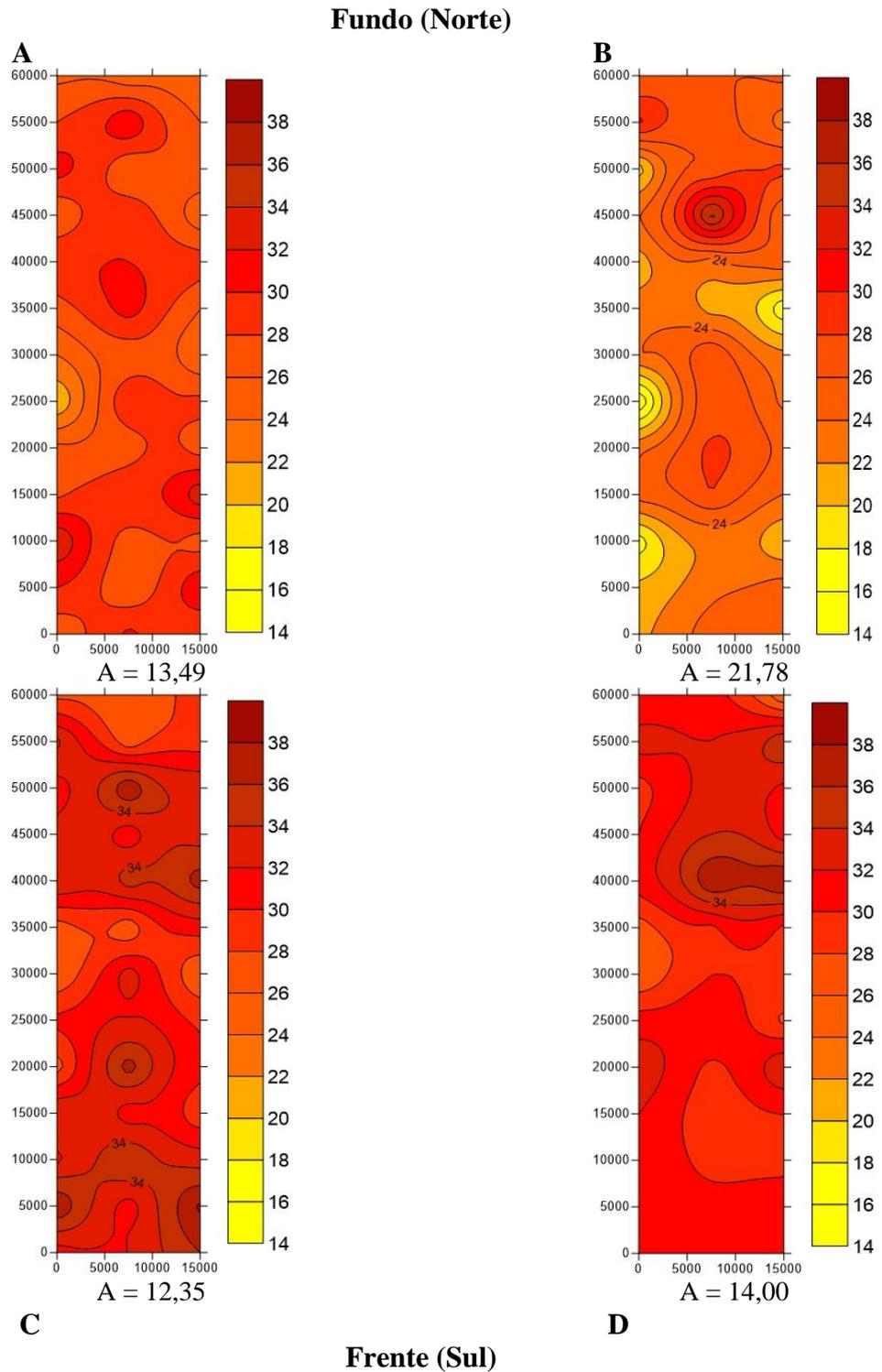


Figura 10. Temperatura interna da cama de *compost barn* pela manhã, antes do revolvimento (6h-7h) (A); pela manhã, depois do revolvimento (8h-9h) (B); pela tarde, antes do revolvimento (15h -16h) (C) e, pela tarde, depois do revolvimento (17h -18h) (D), durante o verão A = Amplitude

3.3.2.3. Umidade da cama de *compost barn*

A tabela 11 demonstra os valores médios para a variável umidade da cama de CB em diferentes turnos, antes e depois do revolvimento do material. Pode-se notar que houve diferença significativa ($p < 0,05$) para a variável umidade, comparando o revolvimento da mesma tanto pela manhã como pela tarde com os valores, sendo menores em ambos os turnos depois do revolvimento (tabela 11).

Tabela 11. Umidade da cama de *compost barn* em diferentes turnos, antes e depois do revolvimento, durante o verão

Turno	Revolvimento	Umidade (%)	Erro padrão da média	p-valor
Manhã	Antes (6h - 7h)	49,59 A	0,95	0,0020*
	Depois (8h - 9h)	45,27 B	1,00	
Tarde	Antes (15h - 16h)	53,75 A	0,96	<0,0001*
	Depois (17h - 18h)	48,27 B	0,85	

Médias com letras maiúsculas diferentes na coluna diferem entre si a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t. NS - Não significativo; *Significativo a 0,05 ($P < 0,05$).

Tal informação foi procedente, uma vez que, quando é realizado o processo de revolvimento da cama, o material da superfície que sofreu com os efeitos advindos do ambiente de produção, principalmente com relação à temperatura e à velocidade do vento proporcionada pelos ventiladores, vai para o fundo, fazendo com que a amostra coletada esteja com a umidade menor. Radavelli (2018) obteve valores de umidade de cama que corroboram os aqui encontrados, de 47,87%. Damasceno (2012), utilizando 42 CB no experimento demonstrou uma variação da umidade da cama de 36,2 a 71,8%, sendo a maioria dos valores próximos ao obtido no experimento.

Segundo as recomendações da NRAES-54 (1992), a umidade, para que haja um processo de compostagem, tem de estar entre 40 % e 65 %, em ambos os turnos o valor esteve dentro do preconizado. Na análise geoestatística, para a variável umidade da cama de CB, foi observado, ao longo dos 8 dias avaliados, um forte IDE apenas para o horário das 06h - 07h, de 91,1 %, com um valor de R^2 de 0,024, alcance de 7,26 m, ajustado para o modelo Exponencial (tabela 12).

Para os horários das 08h - 09h, 15h - 16h e 17h - 18h, os valores de IDE foram considerados moderados, sendo eles 64,80 %, 64,80 % e 72,40 %, respectivamente. Apresentando, nos mesmos horários, valores de R^2 de 0,625; 0,884 e 0,918, ajustados todos para o modelo Linear (tabela 12).

Tabela 12. Modelo e parâmetros estimados a partir de semivariogramas experimentais para a variável umidade da cama de *compost barn* para bovinos leiteiros em diferentes turnos, antes e depois do revolvimento, durante o verão

Turno	Revolvimento	C ₀	C ₀ +C ₁	Alcance (m)	IDE (%)	R ²	Modelo
Manhã	Antes (6h - 7h)	4,200	47,43	7,26	91,10	0,024	Exponencial
	Depois (8h - 9h)	18,330	52,070	22,97	64,80	0,625	Linear
Tarde	Antes (15h - 16h)	15,004	42,568	26,13	64,80	0,884	Linear
	Depois (17h - 18h)	13,237	47,928	26,13	72,40	0,918	Linear

C₀ - efeito pepita; (C₀+C₁) - patamar; IDE $(100 - (C_0 / (C_0 + C_1)) * 100)$; IDE <25% grau de dependência fraco, 25 < IDE < 75% moderado, IDE > 75% forte; R² - coeficiente de determinação.

Através dos mapas de Krigagem e da análise descritiva dos dados de umidade da cama de CB, ambos gerados pelo programa *Starts Surfer 9*, é possível constatar que tal variável apresentou uma variação de 56,74 % e 55,81 % para os horários das 06h - 07h e 08h - 09h, e uma variação de 68,98 % e 66,59 % para os horários das 15h - 16h e 17h - 18h, respectivamente (figura 11, A e B, C e D). Os mapas de Krigagem permitem observar uma tendência para os maiores valores de umidade da cama serem encontrados em ambos os turnos (manhã e tarde), antes do revolvimento, do que depois do revolvimento (figura 11, A e B, C e D).

Tal resultado reforça a ideia de que, através do processo de revolvimento da cama, o material que se encontrava mais seco na superfície se desloca para a parte interna e, como a coleta fora realizada logo após o manejo, o material coletado apresentava menor umidade. Pontos de maior umidade foram observados nas extremidades do galpão, em relação ao meio, devido ao fluxo de animais nas laterais ser maior, principalmente devido à ida dos mesmos até o cocho e ao bebedouro, auxiliando na formação de uma superfície mais compactada e úmida, incidência de chuvas nesses locais ser maior devido a tipologia do galpão (norte-sul), bem como o manejo nas extremidades ser pior devido a dificuldade de passar o trator nestas regiões. Resultados estes corroboram os encontrados por Soares (2018), em que os valores de umidade da cama foram mais elevados nas extremidades devido a maior movimentação dos animais e a tipologia ser a mesma.

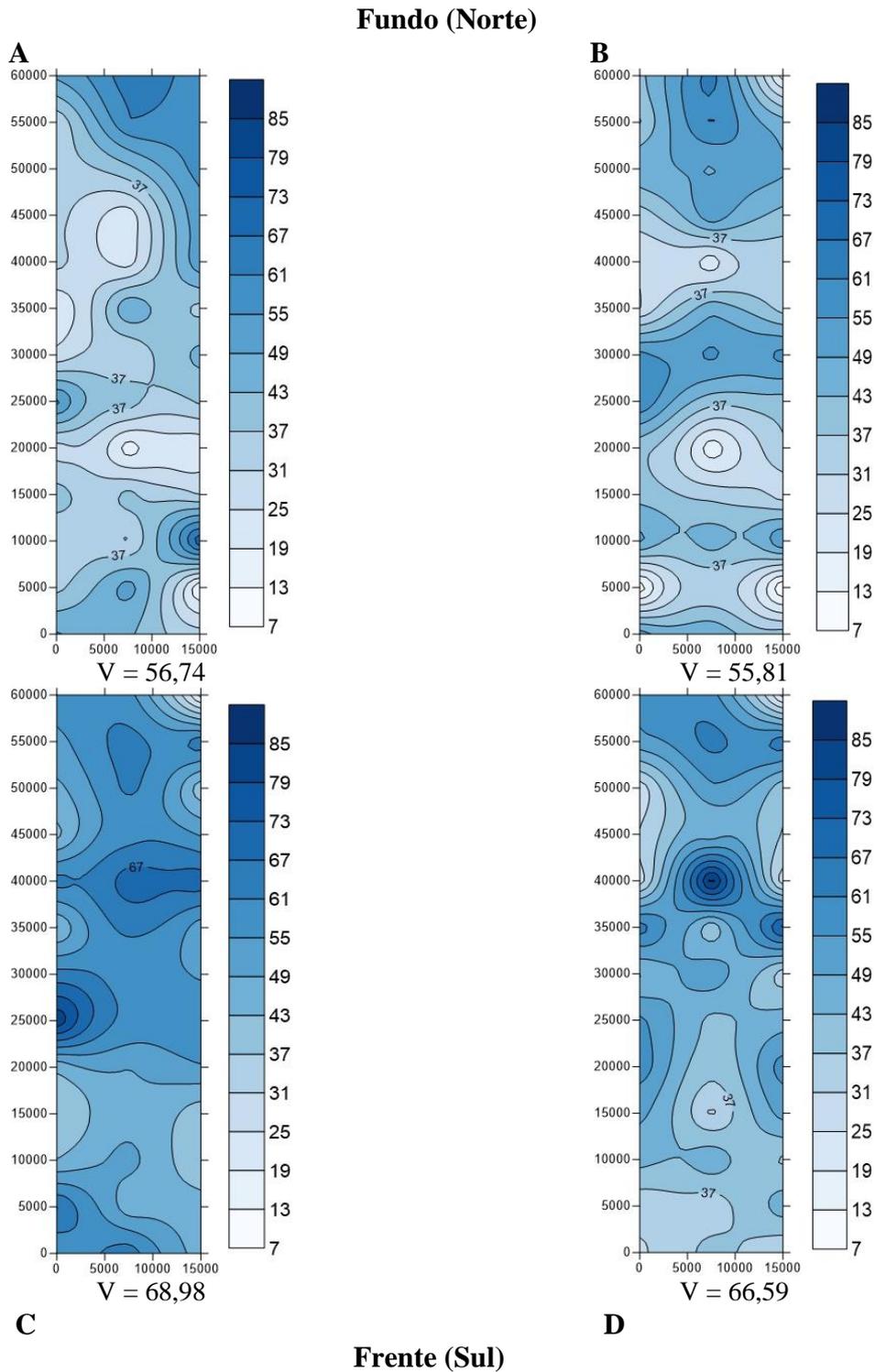


Figura 11. Umidade da cama de compost barn pela manhã, antes do revolvimento (6h -7h) (A); pela manhã, após o revolvimento (8h - 9h) (B); pela tarde, antes do revolvimento (15h -16h) (C) e pela tarde, após o revolvimento (17h -18h) (D) V = variação

3.3.3. Comparação das variáveis espaciais da cama de compost barn em diferentes trabalhos científicos

Na tabela 13 são demonstrados os diferentes trabalhos realizados ao longo dos anos com a cama de CB em diferentes regiões, bem como o material utilizado como fonte de carbono, quantidade de pontos coletados para a geração do perfil térmico da cama e os valores obtidos para as variáveis temperatura (superficial e interna) e umidade do composto.

Tabela 13. Levantamento de dados referentes às características (temperatura superficial, temperatura interna e umidade) para diferentes tipos de materiais de cama de *compost barn*, em diferentes regiões.

Autor	Região	Cama	Pontos	*Temp. Sup. (°C)	*Temp. Int. (°C)	Umidade (%)
Damasce no (2012)	**KY	Serragem verde Serragem seca Ambas	9	- 5,1 a 22,3	13,2 a 58,0	36,2 a 71,8
Radavelli (2018)	**SC	Maravalha Serragem Ambas	6	***Antes 25,0 ***Depois 26,3	Antes 43,0 Depois 40,0	47,8
Soares (2018)	**PR	-	108	-	**Manhã 37,0 **Tarde 36,4	-
Viana et al. (2019)	**CE	Maravalha/areia Fibra de coco	30	Manhã 28,9 Tarde 34,5 Manhã 28,5 Tarde 33,9	-	-
Mota (2018)	**MG	Serragem	36	Tarde antes 24,53 Tarde depois 26,13	Tarde antes 32,11 Tarde depois 34,00	-
Sampaio et al. (2019)	**CE	Bagana de Carnaúba	60	Manhã 27,8 Tarde 32,4	Manhã 42,5 Tarde 42,0	-
Autor (2019)	**MG	Palha de arroz	39	**Manhã antes 19,4 **Manhã depois 19,71 **Tarde antes 22,79 **Tarde depois 25,04	Manhã antes 28,3 Manhã depois 26,2 Tarde antes 30,2 Tarde depois 29,1	Manhã antes 49,5 Manhã depois 45,2 Tarde antes 53,7 Tarde depois 48,2

*Temp. Sup - temperatura superficial; Temp. Int. - temperatura interna.

**KY - Kentucky; SC - Santa Catarina; PR - Paraná; CE - Ceará; MG - Minas Gerais; Manhã e Tarde - período de análise da cama de *compost barn*; Manhã e Tarde antes - período de análise da cama de *compost barn* antes do revolvimento; Manhã e Tarde depois - período de análise da cama de *compost barn* depois do revolvimento.

***Antes - antes do revolvimento da cama de *compost barn*; Depois - depois do revolvimento da cama de *compost barn*.

Tal levantamento de informações advindos da literatura teve como enfoque a obtenção de informações sobre trabalhos que realizaram uma pesquisa semelhante, com o intuito de observar se os valores para temperatura (superficial e interna) e umidade estavam dentro do preconizado para que a compostagem ocorresse de forma correta, bem como se diferentes materiais utilizados como substrato influenciam ou não nos valores obtidos da cama.

Nota-se que, dentre os trabalhos levantados, não houve uma unanimidade no material da cama utilizado, uma vez que tal escolha depende muito da região que o galpão se encontra na propriedade bem como do preço e da facilidade para a obtenção do material. Barberg et al. (2007) determinam que o material mais comumente utilizado seria a serragem, sendo este utilizado em três trabalhos levantados, porém devido ao seu custo elevado nem sempre o fazendeiro o utiliza.

Com relação às variáveis da cama coletados, nota-se que a temperatura superficial, para as regiões localizadas no Brasil, houve uma maior uniformidade dos dados se comparados com os valores obtidos no estudo realizado por Damasceno (2012), uma vez que tal variável, segundo Bewley et al. (2012), sofre bastante influência da temperatura ambiental, e, nesta região específica, temperaturas chegam facilmente a valores negativos.

Para a variável temperatura interna da cama de CB, seguindo a recomendação do NRAES-54 (1992), cujos valores para que uma compostagem seja eficiente têm de estar entre 43 °C a 65 °C, nota-se que somente nos trabalhos realizados por Damasceno (2012) e Radavelli (2018) tais valores foram alcançados. Os demais autores justificam que os valores ideais não foram atingidos principalmente devido ao manejo realizado na propriedade estar inadequado, principalmente com relação ao número de revolvimentos da cama, taxa de lotação animal elevada, número inadequado de ventiladores e a não troca ou reposição do material no tempo correto. Já para os valores de umidade, em ambos os trabalhos que realizaram tal coleta, foram alcançados os valores mínimos exigidos, segundo NRAES-54 (1992), cujos valores tem de estar entre 40 % a 65 %.

Ainda avaliando a tabela anterior, observa-se que nos diferentes trabalhos ainda houve uma grande diferença nos pontos de amostragem, além de considerar que poucos trabalhos apresentam a variação da umidade na cama de CB.

3.4. Conclusão

De acordo com os valores encontrados nessa pesquisa, a temperatura superficial da cama foi inferior à temperatura média do ar ambiente, o que após o revolvimento apresentou uma

alteração nos valores da temperatura devido a variação da mesma entre o meio interno para o externo.

Baseando-se na análise da geoestatística, para as variáveis estudadas, conclui-se que houve dependência espacial (IDE). No caso das temperaturas superficial e interna o IDE foi classificado como forte, o que demonstra uma heterogeneidade entre os pontos avaliados e uma grande variabilidade espacial em relação as temperaturas da cama. No caso da umidade da cama, a maior variabilidade ocorreu no período da manhã.

Baseando-se nas análises dos mapas de Krigagem, conclui-se que os valores da temperatura superficial da cama não ultrapassaram os valores de temperatura do ar ambiente. Com relação a umidade da cama, o material apresentou valores dentro do recomendado. Porém, para a variável temperatura interna, foi observado que o material não atingiu os valores recomendados para a eficiência do processo de compostagem.

De acordo com esses resultados, pode-se dizer que o sistema de CB com cama de casca de arroz, esteve dentro dos padrões de umidade da cama, mas devido às características térmicas da palha de arroz e do manejo errôneo a temperatura interna não foi suficiente para manter uma boa compostagem do material.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ASTIZ, S. et al. Enhanced udder health and milk yield of dairy cattle on compost bedding systems during the dry period: a comparative study. **Livestock Science**, v. 159, p. 161-164, 2014.

BARBERG, A. E. et al. Performance and Welfare of Dairy Cows in an Alternative Housing System in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 3, p. 1575-1583, 2007.

BEWLEY, J. et al. **Compost bedded pack barn design: features and management considerations**. 2012. Disponível em: https://www.uky.edu/bae/sites/www.uky.edu/bae/files/id206_0.pdf >. Acesso em: 30 jan. 2018.

BIASATO, I. et al. Compost bedded-pack barn as an alternative housing system for dairy cattle in Italy: effects on animal health and welfare and milk and milk product quality. **Italian Journal of Animal Science**, v. 18, n. 1, p. 1142-53, 2019.

BLACK, R. A. et al. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, p. 8060-8074, 2013.

BRITO, E. C. **Produção intensiva de leite em Compost Barn: Uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade**. 2016. 59p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados) - Universidade Federal de Juiz de Fora - MG, Juiz de Fora, 2016.

BURGSTALLER, J. et al. Claw health and prevalence of lameness in cows from compost bedded and cubicle freestall dairy barns in Austria. **Veterinary Journal**, v. 216, p. 81-6, 2016.

COSTA, J. H. C. et al. Prevalence of lameness and leg lesions of lactating dairy cows housed in southern Brazil: effects of housing systems. **Journal of Dairy Science**, v. 101, 2017.

COSTA, M. J. R. P.; SILVA, L. C. M. **Boas práticas no manejo: Bezerros leiteiros**. 1. ed. (2. rev.) Jaboticabal: FUNEP, 2014. 51 p.

DAMASCENO, F. A. **Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model**. 2012. 404 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa - MG, Viçosa, 2012.

ECKELKAMP, E. A. **Compost bedded pack barns for dairy cattle: bedding performance and mastitis as compafreestalls**. Dissertation (Master's Degree of Science) - College of Agriculture, Food, and Environment at the University of Kentucky, Lexington, 2014

ENDRES, M. I.; JANNI, K. A. **Instalação para vacas leiteiras com compost bedded pack** - Universidade do Leite. 2013. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/17380081/instalacao-para-vacas-leiteiras-com-compost-bedded-pack-universidade-do-leite>. Acesso em: 31 jul. 2018.

EPSTEIN, E. **Industrial composting: environmental engineering and facilities management**. New York: Taylor & Francis, 2011.

GALAMA, P. J. et al. **Vrijloopstal Wiersma**. Lelystad: Wageningen UR Livestock Research, Rapport 740, 2012.

GAY, S. W. Bedded-pack dairy barns. **Virginia Cooperative Extension**, Publication 442-124. 2009. Disponível em: https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/48410/442124_pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 30 jan. 2018.

JANNI, K. A. et al. Compost dairy barn layout and management recommendations. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 23, n. 1, p. 97-102, 2007.

KADER, N. A. E. et al. Turning, compacting and the addition of water as factors affecting gaseous emissions in farm manure composting. **Bioresource Technology**, v. 98, n. 14, p. 2619-2628, 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 Veterinærtidsskrift**, v. 93, n. 9, p. 20-29, 2010.

LANDIM, P. M. M. **Statistical analysis of geological data**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP (Ciência e Tecnologia), 1998.

LESO, L. **Performance and design of an alternative housing system for dairy cows**. 2015, 123 p. Thesis (Dottorato di Ricerca in Gestione Sostenibile delle Risorse Agrarie e Forestali) - Università degli Studi Firenze, Firenze, Italy, 2015.

MELO, L. D. **Moisture control methodology for gas phase compost biofilters**. 2011. 182p. Thesis (Doctorate in Biosystems and Agricultural Engineering) - University of Kentucky, Kentucky, United States of America - USA.

MOTA, V. A. **Modelagem fuzzy, geoestatística e estatística na avaliação de sistema de confinamento para bovinos no modelo *compost barn***. 2018. 233p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

NORTHEAST REGIONAL AGRICULTURAL ENGINEERING SERVICE (NRAES-54). Robert Rynk (ed.). **On-farm composting handbook**. Ithaca, NY: Cooperative Extension, 1992. 204 p.

PEIXOTO, M. S. M. et al. Thermoregulatory behavior of dairy cows submitted to bedding temperature variations in Compost barn systems. **Biological Rhythm Research**, p. 1-10, 2019.

PHILLIPS, C. J. C.; SCHOFIELD, S. A. The effect of cubicle and straw Yard housing on the behaviour, production and hoof health of dairy cows. **Animal Welfare**, v. 3, n. 1, p. 37-44, 1994.

PILATTI, J. A. et al. Diurnal behaviors and herd characteristics of dairy cows housed in a compost-bedded pack barn system under hot and humid conditions. **Animal**, v. 13, n. 2, p. 399-406, 2019.

RADAVELLI, W. M. **Caracterização do sistema *compost barn* em regiões subtropicais brasileiras**. 2018. 52p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Produção Animal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó, 2018.

SALES, G. T. **Assessment of biofilter media particle sizes for removing ammonia**. 2008. 143p. Thesis (Doctorate in Biosystems and Agricultural Engineering, University of Kentucky, Kentucky, United States of América - USA.

SAMPAIO, L. C. et al. Avaliação da ambiência em uma instalação *compost barn*, em condições de clima semiárido, utilizando bagana de carnaúba como material de cama. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AMBIÊNCIA E ENGENHARIA NA PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL e VI SIMPÓSIO NACIONAL DE CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIÊNCIA, 5 a 7 de julho de 2019, Lavras, MG. **Anais** (on-line). Minas Gerais: SIAPAS/SIMCRA, 2019. Disponível em: http://www.siapas.com.br/Inscricoes/EBOOK_SIAPAS_SIMCRA.pdf. Acesso em: 24 de out. 2019.

SHANE, E. M.; ENDRES, M. I.; JANNI, K. A. Alternative bedding materials for compost bedded pack barns in Minnesota: A descriptive study. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 26, n. 3, p. 465-473, 2010.

SOARES, A. A. **Variabilidade espacial do microclima em sistema *compost barn*: influência na qualidade da cama, termorregulação e comportamento de vacas leiteiras**. 2018. 80 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos - PR, 2018.

STENTIFORD, E. I. Composting control: principles and practice. In: BERTOLDI, M. et al. **The science of composting**. Dordrecht: Springer, 1996.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H. D. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. McGraw-Hill: ed. Metcalf and Eddy, 2003.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v. 38, p. 45-94, 1986.

VIANA, V. S. S. et al. Análise espacial da variável temperatura superficial de diferentes tipos de cama em instalação *compost barn*. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AMBIÊNCIA E ENGENHARIA NA PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL E VI SIMPÓSIO NACIONAL DE CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIÊNCIA, 5 a 7 de julho de 2019, Lavras, MG. **Anais** (on-line). Minas Gerais: SIAPAS/SIMCRA. Disponível em: http://www.siapas.com.br/Inscricoes/EBOOK_SIAPAS_SIMCRA.pdf. Acesso em: 24 de out. 2019.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.1-53, 2000.

VIEIRA, S. R. et al. Geoestatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Oakland, v.51, n.1, p.1-75, 1983.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001. 114p. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

4. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE E O NÍVEL DE CONFORTO DE ANIMAIS CRIADOS EM SISTEMA *COMPOST BARN*

Resumo

Dentre os sistemas de criação intensiva no setor leiteiro, o *compost barn* (CB), apesar de ser recente no Brasil, vem ganhando espaço entre os produtores. Tal sistema promete fornecer um ambiente capaz de aumentar a produção de leite, melhorar a integridade física dos animais, reduzir episódios de mastite e principalmente promover um ambiente de conforto térmico aos animais. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo a caracterização do ambiente climático do CB, associando com as variáveis fisiológicas, temperatura superficial (TS) e frequência respiratória (FR) dos animais, a fim de correlacioná-los na tentativa de traçar a existência ou não da eficiência do sistema durante o verão. O experimento ocorreu no mês de fevereiro de 2019, durante o verão, em uma propriedade particular localizada próximo ao município de Monte Alegre de Minas - MG. Para a caracterização do ambiente de produção, foram realizados 30 dias consecutivos de aquisição de dados, considerando como variáveis a temperatura do ar, umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento (V), entalpia específica do ar (H), índice de temperatura e umidade (ITU) e o ruído (dB) no ambiente de produção. Foram selecionados e utilizados 30 animais da raça Girolando divididos em dois grupos iguais (primíparas e múltiparas), considerando o peso e produção de leite. As variáveis fisiológicas foram registradas 30 minutos antes dos animais irem para a linha de ordenha durante toda a pesquisa, sendo os dados bioclimáticos do ambiente registrados interruptamente. Adotou-se uma análise estatística descritiva, na qual as variáveis foram submetidas ao teste t a 5 % de probabilidade. Com relação à caracterização do ambiente de produção, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os ambientes interno e externo, para as variáveis temperatura do ar, ITU, entalpia, velocidade do vento e ruído. Verificou-se que a velocidade do vento não apresentou valores adequados para promover a secagem da cama e nem proporcionar uma troca de calor eficiente. Com relação as variáveis fisiológicas apresentadas pelo grupo de animais, verificou-se que os valores de FR foram superiores à faixa ideal, caracterizando um estresse térmico médio. Não houve alterações na TS. Conclui-se que o sistema CB estudado não foi capaz de proporcionar um ambiente de conforto térmico aos animais, durante o verão.

Palavras-chave: Entalpia; Variáveis fisiológicas; Estresse térmico

Abstract

Among the intensive farming systems in the dairy sector, compost barn (CB), although recent in Brazil, is gaining ground among producers. Such a system promises to provide an environment capable of increasing milk production, improving the animals' physical integrity, reducing episodes of mastitis and especially promoting a thermal comfort environment for the animals. Therefore, this research aimed to characterize the climatic environment of the CB, associating with the physiological variables, surface temperature (TS) and respiratory rate (RR) of the animals, in order to correlate them in an attempt to trace the existence or not of the efficiency of the system during the summer. The experiment took place in February 2019, during the summer, at a private property located near the municipality of Monte Alegre de Minas - MG. To characterize the production environment, 30 consecutive days of data acquisition were performed, considering as variables the air temperature, relative humidity (UR), wind speed (V), specific air enthalpy (H), temperature and humidity index (ITU) and noise (dB) in the production environment. We selected and used 30 animals of the Girolando breed divided into two equal groups (primiparous and multiparous), considering weight and milk production. Physiological variables were recorded 30 minutes before the animals went to the milking line during the whole research, and the bioclimatic data of the environment were recorded interruptly. A descriptive statistical analysis was adopted, in which the variables were subjected to the t-test at 5% probability. Regarding the characterization of the production environment, there was a significant difference ($p < 0.05$) between the indoor and outdoor environments, for the variables air temperature, UTI, enthalpy, wind speed and noise. It was found that wind velocity did not present adequate values to promote drying of the bed and neither provide an efficient heat exchange. Regarding the physiological variables presented by the group of animals, it was found that the values of RR were higher than the ideal range, characterizing a mean thermal stress. There were no changes in TS. It was concluded that the CB system studied was not able to provide an environment of thermal comfort to the animals during the summer.

Keywords: Enthalpy; Physiological variables; Thermal stress

4.1. Introdução

Cada vez mais tem se discutido o quanto os fatores ambientais, tais como a temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento, associados aos cálculos dos índices de conforto como, por exemplo, o índice de temperatura e umidade (ITU) e entalpia (H), têm influenciado nas respostas fisiológicas e produtivas dos animais, impactando na economia do produtor. Segundo Azevedo e Alves (2009), bovinos de leite com grande capacidade produtiva, como exemplo os da raça holandesa, para conseguirem produzir uma grande quantidade de leite, necessitam, além de uma dieta equilibrada e em grande quantidade, também de um ambiente que permita aos animais estarem dentro de sua zona de termoneutralidade (ZTN). Os autores citam que, devido a esse consumo de alimentos, os animais acabam gerando uma grande quantidade de calor metabólico, no entanto, em regiões de clima tropical, quando as instalações não estão adequadas, associado a dificuldade dos animais em perder calor para o meio, o fator climático tem um efeito significativo em todo o processo produtivo.

Rossarolla (2007) determina que o estresse térmico é constantemente encontrado em propriedades leiteiras no Brasil, ocasionando a queda da produção e da qualidade do leite, além da redução do consumo de alimentos e aumento na ingestão de água pelos animais. Martello (2006) e Moraes et al. (2008) citam que, além dos problemas listados acima, nos animais em estresse térmico, ocorrem diversas alterações fisiológicas, sendo as de mais fácil observação o aumento da frequência respiratória (FR) e temperatura superficial (TS). Isso porque, a temperatura corporal, quando elevada, faz com que o organismo do animal use de mecanismos que aumentam a sudorese e a FR, auxiliando na perda de calor por meio das trocas térmicas secas e úmidas, ou seja, convecção e evaporação. Essa é uma realidade em grande parte das regiões brasileiras, pois as condições médias de temperatura e umidade relativa estão acima das condições ideais de conforto para os bovinos de leite.

Buscando a resolução destes problemas, diversos produtores têm adotado a criação intensiva de bovinos de leite, tais como: *loose housing*, *tie stall*, *free stall* e o *compost barn*, (ECKELKAMP et al., 2016). Ferreira (2015) e Mota, Damasceno e Leite (2018) relataram sobre a preferência dos produtores rurais na adoção do sistema CB, porém Pilatti e Vieira (2017) relataram que, nos meses quentes, o CB não foi capaz de fornecer um ambiente dentro da ZTN aos animais.

Segundo Mota, Andrade e Leite (2019), apesar do aumento do número de propriedades leiteiras que possuem o *compost barn* (CB) como sistema de criação no Brasil, o conhecimento científico sobre o mesmo ainda é escasso, necessitando, portanto, de mais estudos em diferentes

regiões, com diferentes tipos de manejos e materiais de cama, para que tais dados possam auxiliar os produtores de leite no processo de tomada de decisão e planejamento. É muito importante terem-se dados reais das produções brasileiras, pois a realidade nacional é diferente quando comparada com dados de outros países, existindo diferenças cruciais no manejo, na qualidade da cama, nas condições ambientais e nas respostas tanto produtivas como reprodutivas.

Diante disto, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar o ambiente climático do sistema *compost barn*, bem como associar tais resultados com os dados fisiológicos (frequência respiratória e temperatura superficial) dos animais, a fim de analisar se o sistema foi capaz de proporcionar conforto térmico aos bovinos leiteiros, durante o verão, na região do Triângulo Mineiro, Sudeste do país.

4.2. Material e métodos

4.2.1. Caracterização do sistema

O experimento teve sua aprovação de execução através do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, identificado com o protocolo 2018.5.2288.11.3, e numeração CEUA: 2018-35.

O projeto ocorreu em uma fazenda comercial, produtora de leite, que adota o sistema do tipo *compost barn*, localizada no município de Monte Alegre de Minas - MG, com as coordenadas geográficas: latitude 18°52'15" S e longitude 48°52'51" W a 749 metros acima do nível do mar. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região estudada é subtropical úmido, com inverno seco e verão quente (Cwa) (ALVARES et al., 2013), apresentando uma pluviometria anual média variando de 1.300 a 1.500 mm, temperaturas com variáveis entre 16 °C e 31 °C e níveis de umidade relativa do ar (UR) variando de 20 % a 80 %.

O período experimental durou cerca de 30 dias, iniciando-se no mês de fevereiro, durante o verão, no qual foram realizadas avaliações fisiológicas (frequência respiratória e temperatura de pelame) dos animais, como também avaliações das variáveis do microambiente (*compost barn*). As avaliações iniciaram em 02 de fevereiro de 2018, em um galpão orientado no sentido norte-sul, abrigando cerca de 121 animais da raça Girolando, de grau sanguíneo variado, produzindo cerca de 3.800 a 4.200 litros de leite/dia.

Dentro do galpão, os animais foram separados em dois lotes, de acordo com a idade e fase de lactação, sendo 65 vacas primíparas, com uma média de produção de 27 kg/leite/dia, e

56 vacas multíparas, com uma média de produção de 33 kg/leite/dia. A estrutura física do galpão possui uma área total de 1750 m² (70 mx25 m), possuindo uma área de cama de palha de arroz com cerca de 1050 m² (70 m x 15 m), pista de alimentação de 350m² (70 m x 5 m), pista com bebedouros de 350 m² (70 m x 5 m) e uma sala de ordenha próxima ao galpão (canalizado tipo espinha de peixe) com seis conjuntos de teteiras. O mesmo apresenta um pé-direito de 5 m de altura, laterais abertas, beirais de 3 m e uma estrutura de telhado de cobertura metálica e lanternim centralizado (figura 12).

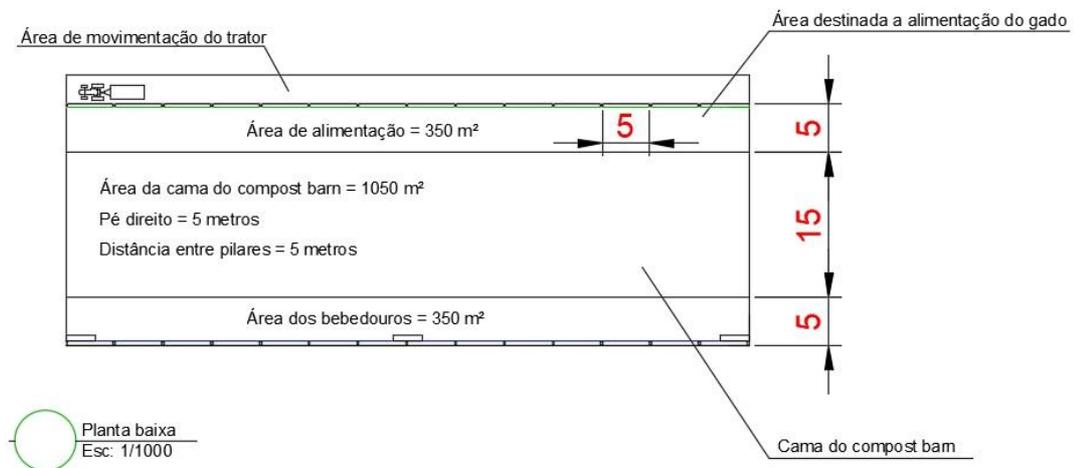


Figura 12. Planta baixa do galpão do *compost barn*

A estrutura do galpão foi projetada para comportar 10 ventiladores com cerca de quatro pás e uma capacidade de fornecer fluxo de ar de 37.638 m³/h, posicionados em duas linhas com 5 ventiladores de cada lado, a uma altura de 3,5m da cama, permanecendo ligados cerca de 18 horas/dia. Na propriedade, com relação a cama de palha de arroz, a mesma era manejada utilizando-se um revolvedor acoplado ao trator, duas vezes ao dia, nos horários das 07h às 08h pela manhã, e das 16h às 17h pela tarde, com o objetivo de tornar o material mais aerado, e de que ocorresse a descompactação e controle da umidade da cama. O manejo alimentar dos animais era realizado em três horários distintos (06h, 12h e 16h), por meio de uma dieta balanceada de acordo com o lote (primíparas e multíparas), bem como com sua produção de leite (kg/leite/animal/dia), sendo a composição da dieta dos animais especificada na tabela 14.

Tabela 14. Composição da dieta das vacas, separada por lotes, em sistema *compost barn* durante o turno experimental nas estações quentes

Categorias	Composição da dieta (kg)	Valor unitário (kg/vaca/dia)	Horários (h)			Total de bovinos
			kg/total de vacas/dia			
			6	12	16	
Primíparas	Ração	6,5	125	125	125	58
	Farelo de Soja	2,5	48	48	48	
	Polpa Cítrica	3,5	68	68	68	
	Calcário	0,1	2	2	2	
	Silagem	25,0	483	483	483	
Multíparas	Ração	8,0	147	147	147	55
	Farelo de Soja	2,5	46	46	46	
	Polpa Cítrica	3,5	64	64	64	
	Calcário	0,1	2	2	2	
	Silagem	30,0	550	550	550	

4.2.2. Variações do microambiente

Durante a pesquisa o monitoramento das variações das condições do ambiente de produção tanto externo como interno foi realizado pelo registro dos dados temperatura de bulbo seco (ambiente) e umidade relativa do ar. Utilizou-se 4 *dataloggers* da marca HOBO® (U10-003), para a aquisição dos dados, sendo três destes equipamentos instalados internamente na linha central do galpão de CB, pendurados nas tesouras do telhado, a uma altura de 2,10m do piso, sendo instalados equidistantes ao longo do comprimento. Para as medidas dos dados externos, o equipamento foi instalado em um abrigo meteorológico sobre uma área com cobertura vegetal a uma distância de 8 metros do CB, na altura de 2,10m do chão (figura 13).



Figura 13. Esquemática do equipamento HOBO® utilizado no experimento fora do galpão de *compost barn*

Os dispositivos foram programados para realizar registros de dados a cada 30 minutos, de forma ininterrupta. Por meio das variáveis climáticas registradas, foi determinado o índice de temperatura e umidade (ITU), proposto por Thom (1958):

$$ITU = T_a + (0,36 * T_{po}) + 41,5$$

Em que:

T_a = Temperatura do ar (°C);

T_{po} = Temperatura de ponto de orvalho (°C);

E a entalpia específica do ar, proposta por Rodrigues et al. (2010):

$$H = \{1.006 * T_a + [(UR/PB) * 10(7.5 * T_a/237,3 + T_a)]\} * (71,28 + 0,052 * T_a)$$

Em que:

H = Entalpia (KJ Kg⁻¹ ar seco);

T_a = Temperatura do ar (°C);

UR = Umidade relativa do ar (%);

PB = Pressão barométrica local (mmHg);

*A pressão barométrica local considerada foi de 697,28 mmHg.

A velocidade do vento (m/s), tanto no interior do galpão de CB como na parte externa da estrutura, foi registrada utilizando-se um anemômetro digital de hélice, da marca B-MAX, em intervalos de 1h em 1h, das 08h até as 18h, totalizando 10 registros diários. Também foi registrado o nível de ruído (dB) produzido, tanto no interior da estrutura como na parte externa, nesse caso, utilizou-se um decibelímetro comercial devidamente calibrado, modelo DEC - 490, da marca Instrutherm®. Os dados foram registrados durante toda a pesquisa nos mesmos locais e intervalos em que foram realizados o controle da velocidade do vento (figura 14).



Figura 14. Aferição da velocidade do vento (m/s) e ruídos (dB) no interior do galpão de *compost barn*

4.2.3. Animais do experimento

Nas avaliações com os animais selecionados, o objetivo maior foi realizar a associação entre os efeitos das variações das condições ambientais em vacas da raça Girolando primíparas e múltíparas, utilizando-se como variáveis respostas as variações fisiológicas dos animais.

Para isso, foram utilizadas 30 vacas da raça Girolando (7/8), que foram selecionadas e divididas em dois grupos, com 15 animais, de acordo com a ordem de parição (primíparas e múltíparas), peso e produção de leite.

O grupo 1 foi formado por vacas primíparas com média de peso e produção de leite de 524 kg e 30 kg respectivamente. O grupo 2 foi formado por vacas multíparas com média de peso e produção de leite de 635 kg e 36 kg, respectivamente. Todos os animais foram mantidos no mesmo ambiente de produção durante todo o período experimental.

Para facilitar a visualização dos animais durante o registro dos dados, foram utilizados bastões de identificação de duas cores de acordo com o grupo. Os animais foram identificados com números de 1 a 15, por tratamento, na região da garupa (figura 15, A, B).

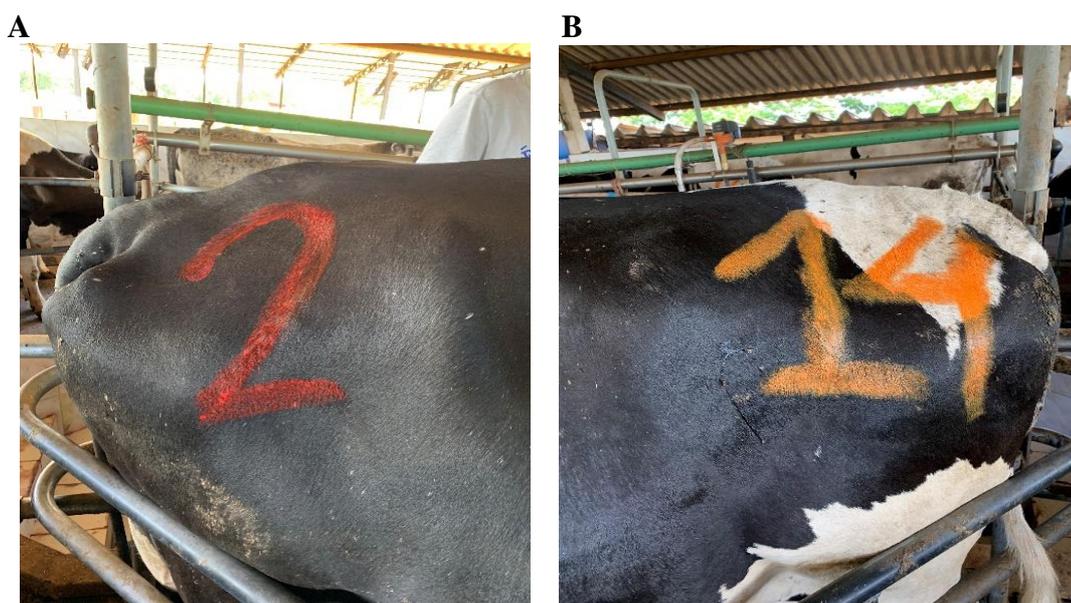


Figura 15. Identificação dos animais do grupo 1 (primíparas) (A) e identificação dos animais do grupo 2 (multíparas) (B)

4.2.4. Variáveis fisiológicas

As variáveis fisiológicas avaliadas foram: frequência respiratória ($\text{mov}\cdot\text{min}^{-1}$) e temperatura superficial ($^{\circ}\text{C}$). O registro de tais variáveis ocorreu durante os 30 dias, sempre 30 minutos antes de cada ordenha (03h30, 11h30 e 18h30), período em que os animais se encontravam sobre a cama de CB. A frequência respiratória ($\text{mov}\cdot\text{min}^{-1}$) foi registrada pelo método animal focal, por meio dos movimentos que o animal exerce na região do flanco por 15 segundos, sendo posteriormente multiplicados por quatro, obtendo o valor em movimentos por minuto, de acordo com Martello et al. (2004).

A TS dos animais ($^{\circ}\text{C}$) foi registrada por meio de um termômetro infravermelho digital com mira *laser* da marca Minipa MT-320A. O mesmo foi posicionado a uma distância de 60 centímetros do animal, sendo coletados dados em 4 pontos distintos (cabeça, dorso, úbere e

canela), conforme a figura 16, seguindo a metodologia proposta por Pinheiro et al. (2005), o qual pondera diferentes pesos para as distintas áreas corporais, conforme a seguir:

$$T_{\text{pelame}} = 0,10 \times T_{\text{cabeça}} + 0,70 \times T_{\text{dorso}} + 0,12 \times T_{\text{canela}} + 0,08 \times T_{\text{úbere}}$$

Em que:

T_{pelame} : Temperatura do pelame (°C);

$T_{\text{cabeça}}$: Temperatura da cabeça (°C);

T_{dorso} : Temperatura do dorso (°C);

T_{canela} : Temperatura da canela (°C);

$T_{\text{úbere}}$: Temperatura do úbere (°C).

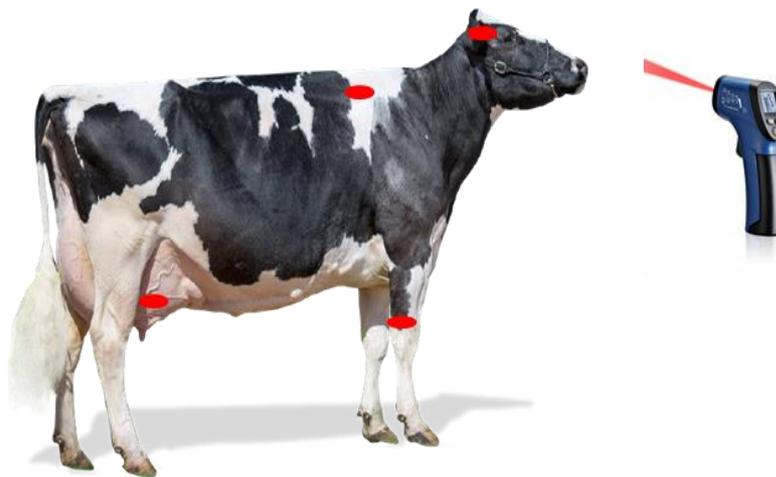


Figura 16. Pontos de coleta da temperatura superficial

Fonte: Google imagens

4.2.5. Análise dos dados

Inicialmente foi realizada uma pesquisa observacional do sistema CB, na qual os dados registrados passaram por uma análise estatística descritiva. A partir desta análise, foram gerados valores de medidas de posição (média, mediana, máxima e mínima), medidas de dispersão (erro padrão da média, coeficiente de variação e desvio padrão da média) e as medidas de distribuição (coeficiente de assimetria e curtose).

Após a confirmação da normalidade dos dados, por meio dos valores adquiridos de simetria e curtose, realizou-se o teste F para homogeneidade de variâncias. Posteriormente realizou-se o teste de comparação de médias, em que os dados foram submetidos ao teste t a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram feitas com o auxílio do programa *Statistical Analysis System (SAS)*.

4.3. Resultados e Discussão

4.3.1. Caracterização do ambiente de produção

A comparação entre os ambientes internos e externos, na verdade é uma forma de inferir o efeito do ambiente construído e produtivo do sistema em comparação com o ambiente externo. Na tabela 15, são apresentadas as médias das variáveis estudadas do ambiente interno e externo do galpão de CB, durante o período experimental. Pode-se notar que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os ambientes para as variáveis temperatura do ar, ITU e entalpia, sendo que somente a UR não apresentou diferença significativa (tabela 15).

Os valores do ambiente interno do galpão de CB, como esperado, foram maiores quando comparados com os do ambiente externo, uma vez que o calor gerado pela termogênese dos animais e também devido a produção de calor liberada pela compostagem da cama fez com que as variáveis estudadas dentro do galpão se elevassem (tabela 15).

Tabela 15. Variáveis psicrométricas do ambiente externo e interno do galpão de *compost barn*, durante o verão

Local	Temperatura do ar(°C)	Erro padrão da média	p-valor
Ambiente Externo	24,10 B	0,10	0,0205*
Ambiente Interno	24,41 A	0,08	
Local	Umidade relativa (%)	Erro padrão da média	p-valor
Ambiente Externo	82,92 A	0,50	0,0754 NS
Ambiente Interno	84,12 A	0,45	
Local	ITU	Erro padrão da média	p-valor
Ambiente Externo	72,66 B	0,09	<0,0001*
Ambiente Interno	73,21 A	0,08	
Local	Entalpia (kJ/kg de ar seco)	Erro padrão da média	p-valor
Ambiente Externo	62,66 B	0,10	<0,0001*
Ambiente Interno	68,30 A	0,11	

Médias com letras maiúsculas diferentes na coluna diferem entre si a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t. NS - Não significativo; *Significativo a 0,05 ($P < 0,05$).

Para a variável temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), nota-se que os valores médios durante o período avaliado tanto para os ambientes externo e interno foram de $24,41^{\circ}\text{C}$ e $24,79^{\circ}\text{C}$, respectivamente (tabela 15). Tais dados corroboram os encontrados por Pilatti et al. (2019), cujos valores para o ambiente interno foram maiores que os encontrados no ambiente externo, de $23,3^{\circ}\text{C}$ e $18,5^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Na figura 17 são apresentados os valores médios da temperatura do ar. Nota-se que no comportamento dos dados, os valores foram mais elevados para o ambiente interno, atingindo o pico nos dias 03 e 23 de fevereiro, de $28,16^{\circ}\text{C}$ e $27,13^{\circ}\text{C}$, respectivamente, e para o ambiente externo, nas mesmas datas, de $28,07^{\circ}\text{C}$ e $25,77^{\circ}\text{C}$, respectivamente (figura 17).

Os valores apresentados foram próximos aos encontrados por Soares et al. (2018), cuja temperatura interna em galpões de CB oscilaram de $23,5^{\circ}\text{C}$ a $28,0^{\circ}\text{C}$, na cidade de Dois Vizinhos - PR. Resultados próximos também foram observados no trabalho realizado por Peixoto et al. (2019), que trabalharam na cidade de Quixadá - CE, cujo valor máximo encontrado durante o verão foi de $28,8^{\circ}\text{C}$, porém menores que os encontrados por Radavelli (2018), que trabalhou na região de Santa Catarina, cujos valores foram $29,25^{\circ}\text{C}$, para o ambiente externo, e $28,44^{\circ}\text{C}$, para o interno.

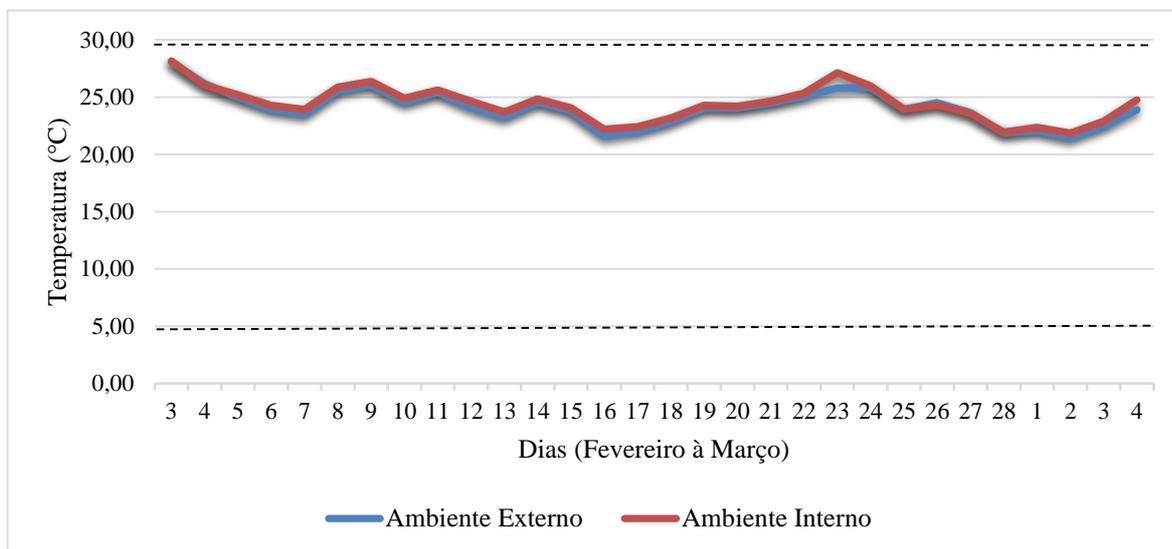


Figura 17. Variável temperatura do ar do ambiente externo e interno do galpão de *compost barn*, durante o verão

* linhas tracejadas em negrito delimitam a faixa ideal da variável estudada para a espécie.

O que deve ser considerado nessas condições conforme preconizado por muitos artigos técnicos e não científicos é que o sistema CB melhora as condições internas do ambiente de produção. Essa afirmação deverá ser respaldada por dados mais precisos, pois observa-se pela

figura 17 acima, que as alterações na temperatura do ambiente entre o meio externo e interno foram pequenas. Da mesma forma, se forem consideradas outras regiões onde a amplitude térmica for maior, provavelmente as diferenças entre os ambientes serão menores também.

Com relação aos animais criados no sistema estudado, as faixas de temperatura durante o período da tarde estiveram acima do preconizado por Perissinotto e Moura (2007), os quais determinam faixas entre 4 e 26 °C para que os animais em lactação estejam na ZTN. Porém, segundo Baêta e Souza (2010), para animais considerados mestiços, os valores de temperatura do ar variam entre 5 e 29 °C, assim, os animais, durante o período avaliado, estiveram dentro da ZTN, exemplificado no intervalo feito pelas linhas em vermelho. Portanto deve-se considerar a categoria animal para se fazer uma análise da real eficiência térmica do ambiente produtivo.

Para a variável UR (%), nota-se que os valores médios durante o experimento nos ambientes externo e interno permaneceram na faixa de 82,92 % e 84,12 %, respectivamente, porém não havendo diferença significativa entre os ambientes (tabela 15). Os valores encontrados para essa variável foram maiores que os encontrados por Radavelli (2018), de 64,61 % e 53,59 %, respectivamente, porém deve-se considerar sempre as regiões onde são instalados os sistemas. Na figura 18 é apresentado os valores médios da umidade relativa do ar, para os ambientes externo e interno do galpão de CB, durante o verão.

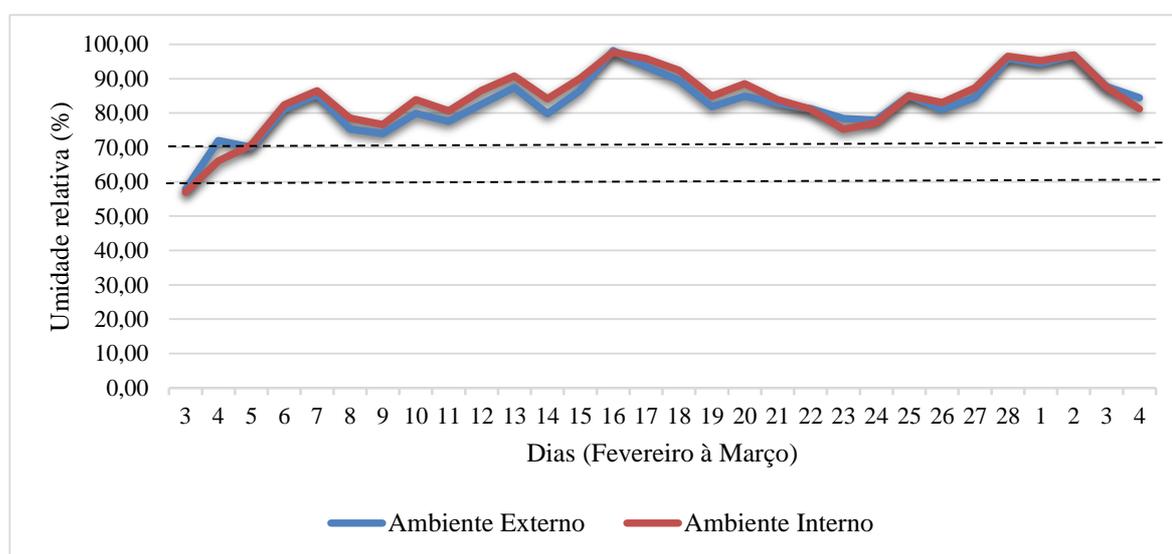


Figura 18. Variável umidade relativa do ar para os ambientes externo e interno do galpão de *compost barn*, durante o verão

* linhas tracejadas em negrito delimitam a faixa ideal da variável estudada para a espécie.

Nota-se que, no comportamento dos dados, a umidade relativa permaneceu acima da faixa preconizada para a espécie estudada, na qual segundo Baêta e Souza (2010), para animais

considerados mestiços, os valores ideais de umidade relativa variam entre 60 % e 70 %, atingindo tais valores somente nos três primeiros dias em ambos os ambientes, exemplificado no intervalo feito pelas linhas em vermelho (figura 18).

De forma contrária aos dados apresentados, estiveram acima dos encontrados por Soares (2018) e Peixoto et al. (2019), cuja umidade relativa no interior dos galpões de CB atingiu valores máximos de 70 % e 67 %, respectivamente. Provavelmente essas características estão relacionadas com as características da região, as características da cama, o sistema de ventilação interna e a taxa de lotação por outro lado, não houve diferenças entre o ambiente interno e externo, evidenciando a influência das características climáticas da região.

Quando o enfoque é voltado para a quantidade de calor existente no interior do galpão, ou seja, à entalpia específica do ar, verifica-se que os valores médios para os ambientes externo e interno ficaram na faixa de $62,66 \text{ KJ/kg}^{-1}$ de ar seco e $68,30 \text{ KJ/kg}^{-1}$ de ar seco, respectivamente (tabela 15). Nota-se que, ao longo dos dias, os valores para o ambiente interno além de serem maiores do que a do ambiente externo, estiveram acima do preconizado pela literatura para a zona de termoneutralidade dos animais (figura 19). Esse fato confirma os efeitos da umidade relativa, da ineficiência do sistema de ventilação, da qualidade da cama, além de considerar a energia radiante oriunda dos telhados, dos animais, da fermentação da própria cama na quantidade de calor interno ao CB.

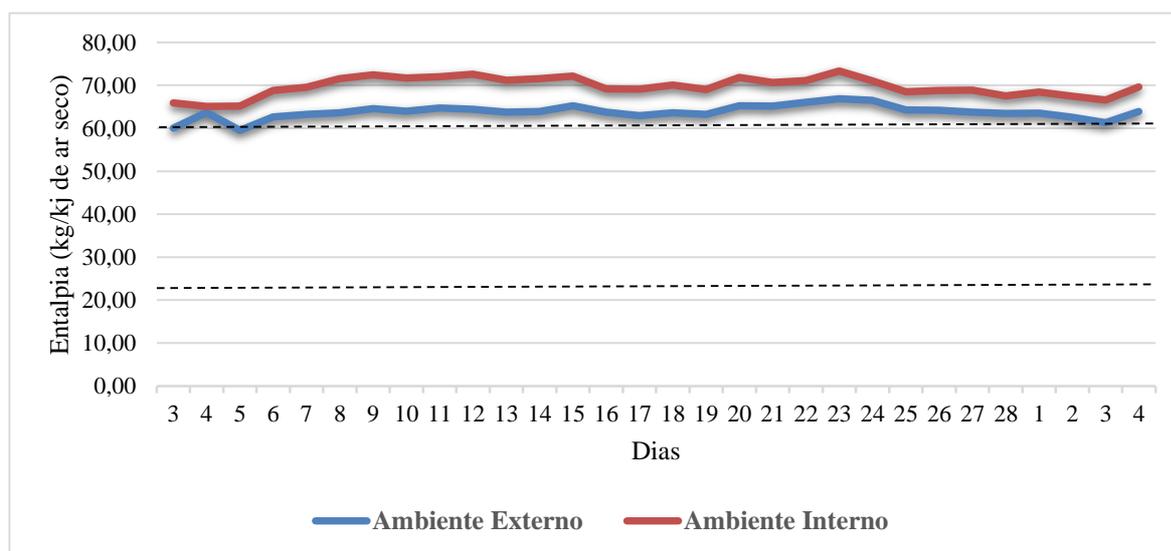


Figura 19. Variável entalpia do ambiente externo e interno do galpão de *compost barn*, durante o verão

* linhas tracejadas em negrito delimitam a faixa ideal da variável estudada para a espécie.

Segundo os dados limites de entalpia para vacas de leite sugeridos pelo Núcleo de Pesquisa em Ambiência (NUPEA) (2019), os quais apresentam as faixas de entalpia sendo:

faixa em conforto, de 21,1 a 61,9; faixa considerada crítica, de -1,7 a 21,0 e 62 a 112, e faixa considerada em alerta, de 112,6 a 161. Pode-se relatar que os animais, durante o experimento, estiveram dentro da faixa considerada crítica ao longo do dia, exemplificado no intervalo feito pelas linhas em vermelho (figura 19).

Com relação ao índice de conforto ITU, verificou-se que os valores médios tanto para o ambiente externo quanto para o interno estiveram na faixa de 72,66 e 73,21, respectivamente (tabela 15), diferindo-se estatisticamente. Também nesse caso os valores de ITU no ambiente interno foram mais elevados quando comparados aos valores do ambiente externo, atingindo valores máximos de 76,35 internamente e 74,85 externamente ao galpão (figura 20).

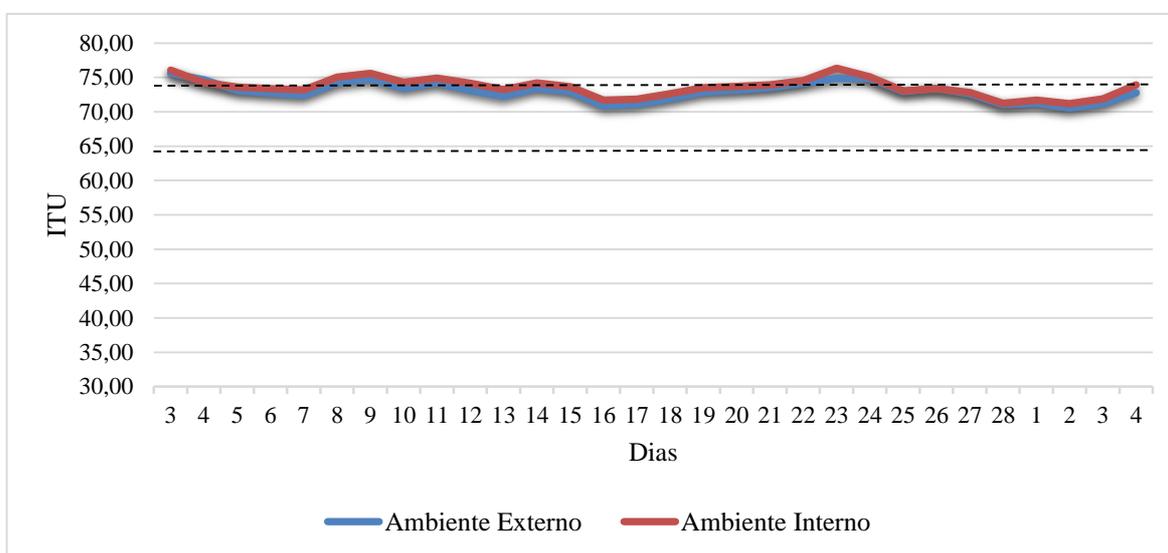


Figura 20. Variável ITU do ambiente externo e interno do galpão de *compost barn*, durante o verão

* linhas tracejadas em negrito delimitam a faixa ideal da variável estudada para a espécie.

Com base nos valores de ITU encontrados na literatura, na qual Garcia (2017) determinou valores sugestivos a um ambiente classificado como termoneutro de ≤ 64 a < 74 , os valores encontrados na pesquisa estiveram dentro da faixa preconizada na maior parte dos dias, exemplificado no intervalo feito pelas linhas em vermelho, na maior parte do tempo (figura 20). Porém, comparando-se com os dados relatados por Gaughan et al. (2002), os quais classificam um estresse térmico em bovinos leiteiros como regular, severo e com risco de óbito quando os valores de ITU estão ≥ 71 , ≥ 79 e ≥ 84 , os animais durante o experimento se encontravam em uma zona de conforto regular.

Deve-se considerar que as tomadas de decisão em relação aos índices de conforto animal é uma opção do gestor. Porém, numa avaliação crítica sobre a eficiência desses índices, existem, entre os biometeorologistas, questionamentos na regressão adotada pelo ITU, uma vez que, o

mesmo foi proposto em 1958 por Thom, cujas pesquisas foram realizadas com animais de outra genética e em região com características distintas. Por outro lado, existe um questionamento sobre índices físicos, que consideram as características do ar que envolve os animais, independentemente da região. Nesse caso o índice de entalpia específico é o mais indicado para as avaliações por se tratar de uma grandeza psicrométrica. Mesmo assim, a popularização do ITU no meio rural faz com que em todas as pesquisas o mesmo seja considerado, até como ponto de discussão.

Quando se fala em projetos de instalações animais, é muito comum avaliar o dia crítico do projeto. Entende-se por dia crítico de projeto, aquele dentre o banco de dados que apresenta o maior valor de entalpia máxima, ou seja, considerando-o como o dia que apresenta a maior quantidade de calor. De acordo com os resultados dessa pesquisa, verifica-se, pela figura 21, que o dia crítico do período foi o dia 25 de fevereiro de 2019, que apresentou o valor de entalpia máxima de 109,90 kJ/kg de ar seco.

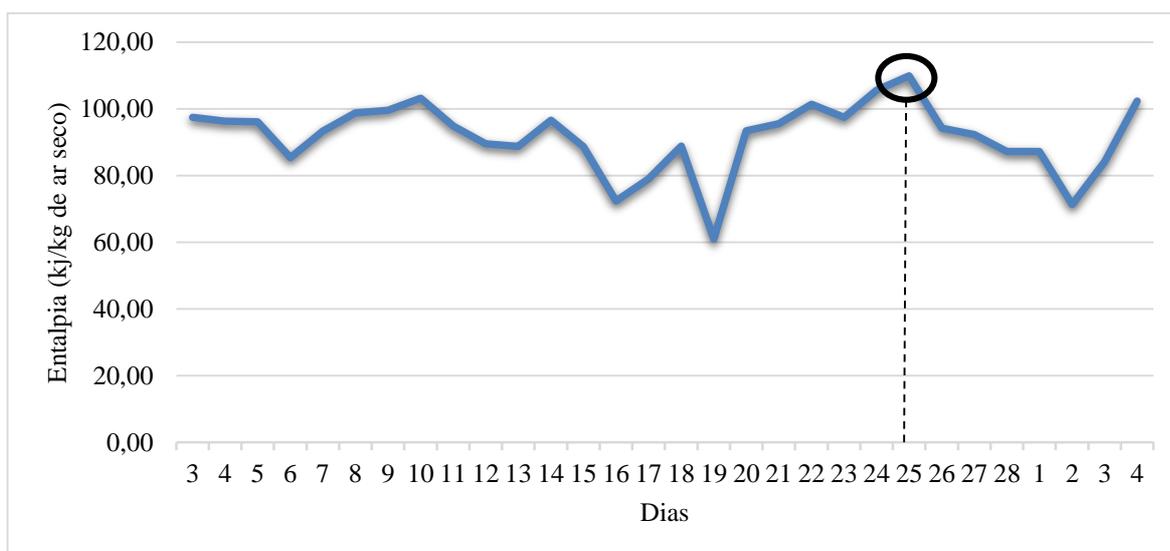


Figura 21. Variação da quantidade de calor (entalpia específica máxima) durante o período de avaliação da pesquisa

* linha tracejada em negrito representam o maior valor de entalpia máxima encontrada.

Baseando-se nessas considerações, realizou-se uma análise para o dia crítico selecionado. Nessas condições, uma nova realidade se apresenta. Verifica-se que a variação da temperatura nos ambientes externo e interno nos horários de maior radiação solar (10h às 16h) foi aquela que esteve acima da zona de termoneutralidade estabelecida para a espécie estudada (figura 22). Esses resultados, apesar de serem esperados, poderiam estar dentro de uma ZTN adequada aos animais, o que não aconteceu, evidenciando-se desconforto animal no sistema CB.

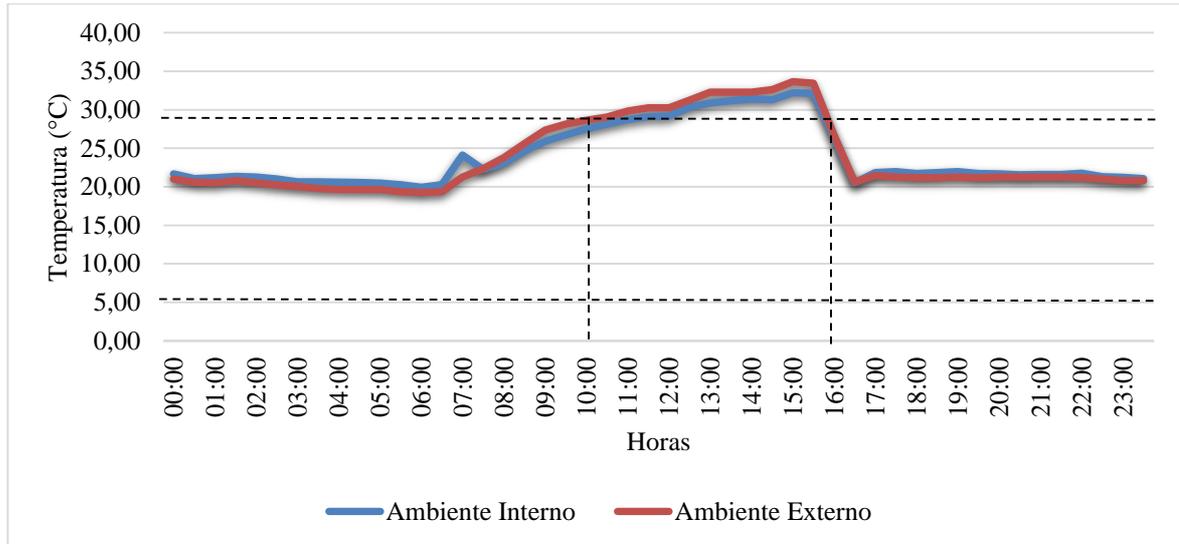


Figura 22. Variação da temperatura do ar ao longo do dia crítico de projeto

* linhas tracejadas em negrito delimitam a faixa ideal da variável estudada e o intervalo em que a variável esteve fora dos padrões para a espécie.

Nesse mesmo raciocínio, quando se avaliam as condições de umidade relativa nos ambientes externo e interno, nota-se que a variável diminuiu no período da tarde, atingindo a faixa considerada ideal para a espécie apenas nos horários das 09h às 13h e às 16h (figura 23). Segundo Luz (2005), esse comportamento é esperado, pois o volume de uma massa gasosa, sob condições de pressão constante, é diretamente proporcional à sua temperatura, assim sendo, quando a temperatura do ar aumenta, o volume de gás se expande e o espaço ocupado pelo vapor da água é reduzido, ou seja, a umidade relativa cai. Porém o que deve ser considerado é que, em mais ou menos 70 % do dia, a umidade relativa esteve acima do recomendado, afetando diretamente a produção de calor interna, as trocas de calor entre o animal e o meio, e ao mesmo tempo dificultando qualquer sistema de resfriamento que poderia ser adotado no sistema. Deve-se considerar que, com umidade relativa acima de 90%, a eficiência das trocas térmicas fica comprometida. Da mesma forma, se for considerado um sistema intermitente de resfriamento, o mesmo poderia ser acionado no intervalo das 13h às 16h, onde a UR está abaixo da faixa ideal, o que certamente aumentaria a eficiência dos sistemas de resfriamento.

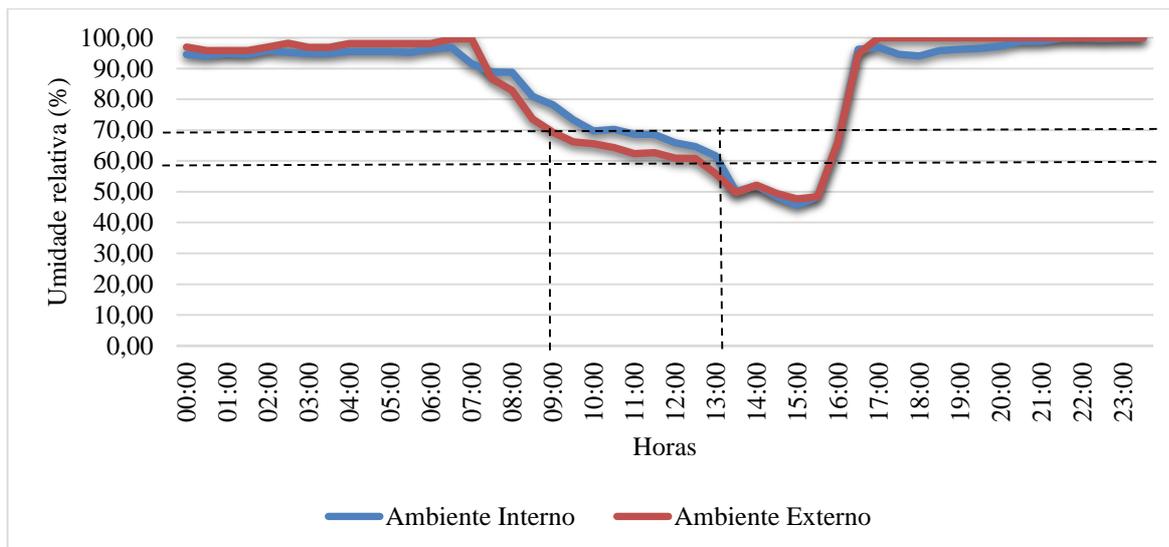


Figura 23. Variação da umidade relativa do ar ao longo do dia crítico de projeto

* linhas tracejadas em negrito delimitam a faixa ideal da variável estudada e o intervalo em que a variável esteve dentro dos padrões para a espécie.

Com relação à quantidade de calor existente no ar, verifica-se que, para ambos os ambientes, ao longo do dia a variável manteve-se acima da faixa preconizada ideal para a espécie, estando classificada como faixa crítica. Esses dados confirmam os mesmos resultados apresentados na análise da UR e da temperatura, na qual as diferenças entre o ambiente interno e externo foram significativas (figura24).

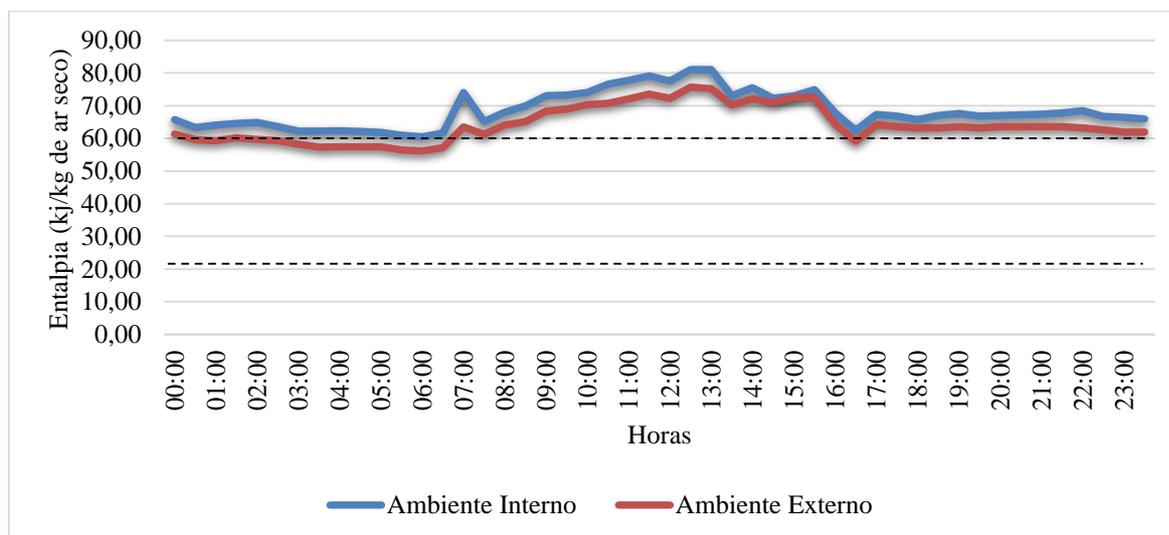


Figura 24. Variação da quantidade de calor existente no ar ao longo do dia crítico de projeto

* linhas tracejadas em negrito delimitam a faixa ideal da variável estudada e o intervalo em que a variável esteve fora dos padrões para a espécie.

O que é importante ressaltar nesse contexto é que esses resultados não deixam evidenciado que o sistema CB proporciona conforto térmico aos animais, conforme citado por

vários autores. Por outro lado, deve-se considerar que se trata de considerações que envolvem muitas variáveis com uma grande variabilidade, seja espacial, seja temporal.

Da mesma forma, corroborando os demais resultados da análise do índice de temperatura e umidade para o dia crítico, verifica-se que a variação para ambos os ambientes (externo e interno) nos horários de maior radiação solar (10h às 16h) foram aqueles que estiveram acima da faixa estabelecida para a espécie estudada (figura 25).

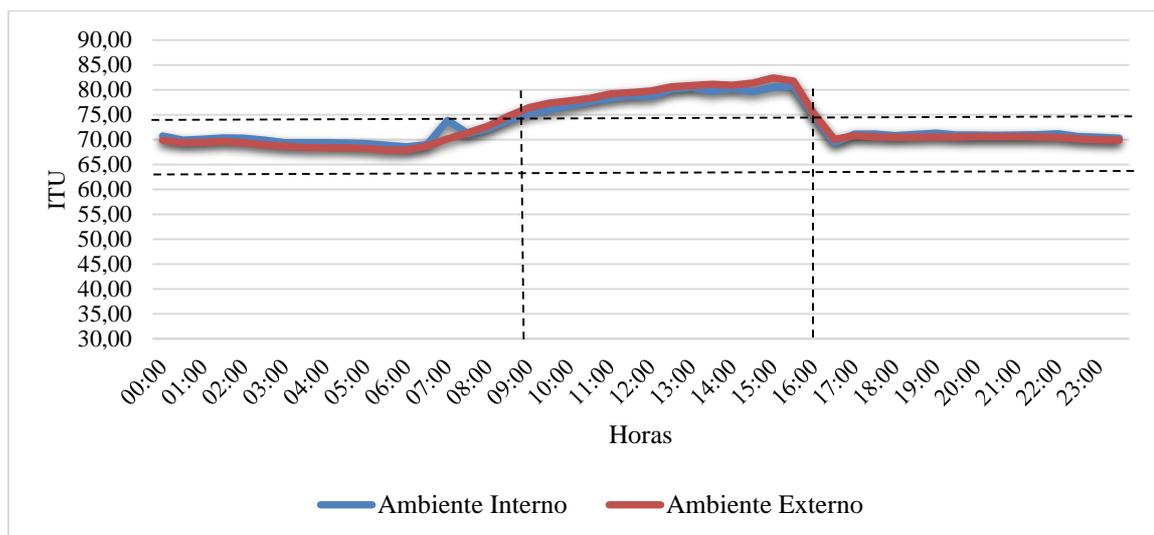


Figura 25. Variação do índice de temperatura e umidade ao longo do dia crítico de projeto

* linhas tracejadas em negrito delimitam a faixa ideal da variável estudada e o intervalo em que a variável esteve fora dos padrões para a espécie.

Na tabela 16 são apresentados os resultados da velocidade do vento e do nível de ruído para os ambientes externo e interno do galpão de CB, durante a pesquisa, nos quais foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) entre os ambientes do galpão, em ambas as variáveis estudadas. Nota-se também que as médias no ambiente interno foram maiores quando comparadas com o ambiente externo, em ambas as variáveis, devido à presença do sistema de ventilação, promovendo maior movimentação do ar e conseqüentemente maior nível de ruído (tabela 16).

Tabela 16. Variáveis do ambiente externo e interno do galpão de *compost barn*, durante o verão

Local	Velocidade do vento (m/s)	Erro padrão da média	p-valor
Ambiente Externo	0,79 B	0,04	<0,0001*
Ambiente Interno	2,29 A	0,21	
Local	Ruído (dB)	Erro padrão da média	p-valor
Ambiente Externo	56,80 B	0,41	<0,0001*
Ambiente Interno	72,58 A	0,25	

Médias com letras maiúsculas diferentes na coluna diferem entre si a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t. NS - Não significativo; *Significativo a 0,05 ($P < 0,05$).

Com relação à velocidade do vento, nota-se que ao longo do dia os valores no ambiente interno foram mais elevados, devido à presença do sistema de ventilação, atingindo valores máximos de 2,66 m/s internamente e 1,49 m/s externamente ao galpão (figura 15). Os valores encontrados para o ambiente interno estiveram em sua maior parte na faixa ideal preconizada para o conforto dos animais proposto por Baêta e Sousa (2010), de 1,4 a 2,2 m/s, exemplificado no intervalo feito pelas linhas em vermelho (figura 26).

Pilatti et al. (2019) encontraram valores menores para ambos os ambientes (interno e externo) do CB, de 1,1 m/s e 1,6 m/s, respectivamente. Já Endres e Janni (2008) encontraram valores médios variando de 1,1 a 1,2 m/s. Porém, com relação à faixa ideal proposta por Black et al. (2013), para a velocidade do vento, com o intuito de proporcionar um correto resfriamento da superfície da cama e controle da umidade do material, esta deve ser de 3 m/s. Tal valor não foi atingido ao longo do dia, exemplificado pela linha verde (figura 26). Se forem consideradas as recomendações, pode-se dizer que a ventilação é um fator primordial para a redução do calor interno nos galpões, atuando diretamente nos valores de temperatura e umidade relativa, além de controlar e difundir o calor originado na fermentação da cama.

Mesmo assim, nota-se que a grande maioria dos comentários e trabalhos relacionados aos sistemas de ventilação em CB focam o uso e função para a manutenção de uma cama de qualidade. Porém, deve-se considerar que, quando acionada a ventilação interna nas estruturas, a mesma deverá ter a função de promover a troca de ar interno, focando na ambiência da estrutura, além de promover a melhor secagem da cama. Em outras palavras, o sistema de ventilação forçada em um CB deverá atender com eficiência os dois objetivos apresentados.

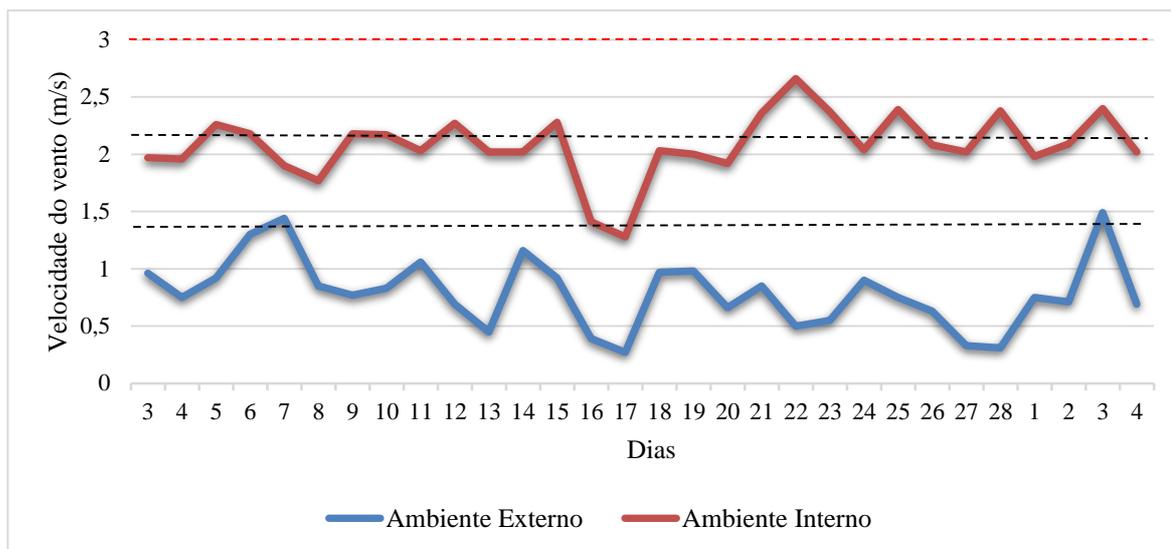


Figura 26. Variável velocidade do vento do ambiente externo e interno do galpão de *compost barn*, durante o verão

* linhas tracejadas em negrito delimitam a faixa ideal da variável estudada para a espécie.

** linha em vermelho representa a faixa ideal da variável estudada para a cama de CB.

Quanto ao registro do nível de ruído ao longo do dia, os valores apresentados no ambiente interno foram mais elevados, novamente ocasionados pela presença dos ventiladores que permaneceram acionados durante 18 horas/dia no intervalo das 05h às 23h, atingindo valores máximos de 73,13 dB internamente e 58,19 dB externamente ao galpão (figura 27).

Valores, mesmo que menores, relatados no ambiente externo do galpão são oriundos dos próprios animais localizados fora do galpão de CB, bem como de operações realizadas pelos funcionários, como manejo na sala de ordenha e nas demais instalações existentes na propriedade. Valores próximos foram relatados por Damasceno et al. (2017) em um estudo com diferentes sistemas de ventilação (natural e mecânica) em sistema CB, que encontrou uma faixa de ruído para o sistema mecânico (com ventiladores) entre 67 e 75 dB. Valores próximos foram relatados por Oliveira et al. (2016), que, ao estudarem dois sistemas de ventilação mecânica em galpões de CB, o de baixo volume e alta rotação (LVHS) e o de alto volume e baixa rotação (HVLS), encontraram faixas de ruídos de 67 a 75 dB e 48 a 55 dB, respectivamente.

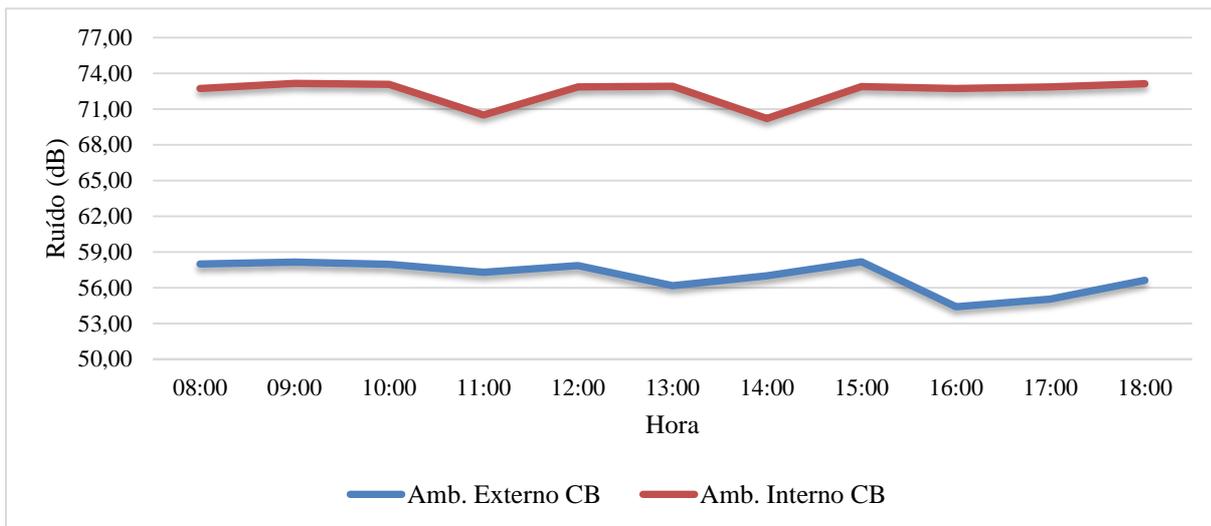


Figura 27. Variável ruído do ambiente externo e interno do galpão de *compost barn* durante o verão

Na atividade suinícola, conforme o Decreto-Lei 135 (BRASIL, 2003), é determinado evitar ruídos constantes ou súbitos iguais ou superiores a 85 dB, a fim de não ocasionar estresse nos animais. Na atividade avícola, principalmente em frangos de corte, Chloupek et al. (2009) levantam uma série de efeitos danosos decorrentes de animais expostos a valores superiores a 80 dB. Porém, para bovinos de leite, alojados em sistemas intensivos de criação, ainda faltam estudos, bem como uma legislação aplicável, como forma de caracterizar os níveis aceitáveis dentro das instalações e seus efeitos nos animais quando atingem níveis elevados. No entanto Broucek (2014) informa que a maioria dos animais respondem de alguma forma a níveis de ruídos de 0 dB até 140 dB.

Maldonado (2016) cita que os animais, em geral, tendem a ser mais sensíveis a diferentes níveis de intensidade de ruídos, principalmente em sistemas intensivos de criação, nos quais, quando são submetidos a níveis muito elevados, acabam sofrendo o chamado estresse sonoro. Isso acarreta a redução da produtividade e, por consequência, prejuízo econômico.

4.3.2. Variáveis fisiológicas

Na tabela 17, são apresentadas variáveis físicas médias do ambiente do galpão de CB para os horários relacionados aos registros das variáveis fisiológicas dos animais. Nota-se que a quantidade de calor (entalpia específica do ar) apresentou diferenças estatísticas em todos os horários de avaliação ($p < 0,05$) entre os ambientes internos e externos. Por outro lado, em todos os horários, não houve diferenças significativas nos valores da umidade relativa.

Tabela 17. Variáveis do ambiente externo e interno do galpão de *compost barn* antes dos animais irem para a ordenha, no verão

Horário	Local	Temperatura do ar(°C)	EP	p-valor
03h30	Ambiente Externo	21,03 B	0,20	0,0014*
	Ambiente Interno	22,09 A	0,24	
	Local	Umidade relativa (%)	EP	p-valor
	Ambiente Externo	96,56 A	1,14	0,2225 NS
	Ambiente Interno	94,22 A	1,51	
	Local	ITU	EP	p-valor
	Ambiente Externo	69,58 B	0,23	0,0005*
	Ambiente Interno	70,88 A	0,26	
	Local	Entalpia (kJ/kg de ar seco)	EP	p-valor
	Ambiente Externo	59,70 B	0,49	<0,0001*
	Ambiente Interno	65,56 A	0,63	
	11h30	Local	Temperatura do ar(°C)	EP
Ambiente Externo		26,46 A	0,52	0,6454 NS
Ambiente Interno		26,14 A	0,44	
Local		Umidade relativa (%)	EP	p-valor
Ambiente Externo		74,25 A	2,98	0,2958 NS
Ambiente Interno		78,27 A	2,37	
Local		ITU	EP	p-valor
Ambiente Externo		75,20 A	0,48	0,9838 NS
Ambiente Interno		75,19 A	0,44	
Local		Entalpia (kJ/kg de ar seco)	EP	p-valor
Ambiente Externo		66,64 B	0,80	<0,0001*
Ambiente Interno		72,05 A	0,75	
18h30	Local	Temperatura do ar(°C)	EP	p-valor
	Ambiente Externo	26,35 A	0,70	0,7644 NS
	Ambiente Interno	26,63 A	0,62	
	Local	Umidade relativa (%)	EP	p-valor
	Ambiente Externo	73,34 A	3,26	0,7084 NS
	Ambiente Interno	74,99 A	2,92	
	Local	ITU	EP	p-valor
	Ambiente Externo	74,74 A	0,61	0,4898 NS
	Ambiente Interno	75,31 A	0,54	
	Local	Entalpia (kJ/kg de ar seco)	EP	p-valor
	Ambiente Externo	63,86 B	0,47	<0,0001*
	Ambiente Interno	69,83 A	0,54	

Médias com letras diferentes na coluna diferem entre si a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t. NS - Não significativo; *Significativo a 0,05 ($P < 0,05$); ITU - Índice de temperatura e umidade, EP - Erro padrão da média.

O fato de a entalpia ser maior no interior do galpão, nos leva a considerar que a quantidade de calor produzida oriunda dos animais, da fermentação da cama e dos diversos elementos que contribuem para o aumento do calor interno é considerável. Por outro lado, é importante ressaltar que os valores 65,56; 72,05 e 69,83 KJ/Kg de ar seco para os períodos das 3h30, 11h30 e 18h30, respectivamente, estavam na faixa considerada crítica segundo as tabelas de entalpia geradas pelo NUPEA (2019).

Na tabela 18, são apresentados os valores referentes às variáveis FR e TS, tanto para vacas primíparas quanto para as multíparas, nos três horários distintos ao longo do experimento, durante o verão.

Tabela 18. Variáveis frequência respiratória (FR) e temperatura superficial (TS) dos animais em diferentes horários, no verão

Animais	Horário	FR (mov.min)	EP	p-valor	TS (°C)	EP	p-valor
Primíparas	03h30	66,89 A	0,79	0,7668 NS	28,26 B	0,21	0,0001*
Multíparas		67,20 A	0,67		29,43 A	0,20	
Primíparas	11h30	73,32 B	0,85	<0,0001*	31,25 A	0,57	0,0716 NS
Multíparas		79,76 A	0,83		32,40 A	0,26	
Primíparas	18h30	70,93 A	0,74	0,2381 NS	29,69 A	0,24	0,7901 NS
Multíparas		72,27 A	0,85		29,77 A	0,21	

Médias com letras diferentes maiúsculas na coluna diferem entre si a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t. NS - Não significativo, *Significativo a 0,05 ($P < 0,05$), EP - Erro padrão da média.

É observado que, para a variável FR, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os animais apenas para o horário das 11h30, com as multíparas apresentando frequência mais elevada se comparadas às primíparas de 79,76 mov./min. e 73,32 mov./min., respectivamente (tabela 18). Nota-se também que às 11h30, se comparado aos valores encontrados nos outros horários de avaliação, foi o que apresentou os maiores valores de FR (tabela 18), uma vez que a entalpia específica do ar neste período estava mais elevada, atingindo valores de 72,05 kJ/kg⁻¹ internamente no galpão, valor este considerado crítico, influenciando na FR dos animais (tabela 18). Esses resultados eram esperados justamente por ser o horário de maior radiação solar, no qual a temperatura do ambiente externo/interno estava mais elevada, favorecendo os resultados para o maior valor da quantidade de calor existente no ar ambiente.

Acompanhando alguns autores, verifica-se que Hahn (1999) determinou que o limiar para que a frequência respiratória dos bovinos aumente ocorra quando os valores para a temperatura do ar se encontrem a partir de 21 °C, valores estes que, para as 11h30, superaram a diferença de 5°C. Baseando-se na classificação proposta por Silanikove (2000), que caracterizou o estresse térmico pela variação da faixa da FR, consideram-se os seguintes parâmetros: vacas de leite com FR entre 40 e 60 mov./min. apresentam baixo nível de estresse térmico; valores entre 60 e 80 mov./min., estresse térmico médio; e valores de 80 a 120 mov./min. em estresse térmico alto. De acordo com esses padrões classificatórios, ambos os grupos de animais se encontravam na faixa de estresse térmico médio durante todos os períodos

de avaliação, com os valores obtidos às 11h30 próximos à faixa de estresse alto, principalmente para as multíparas (tabela 18).

Em ambientes de produção no sistema CB, podem ser considerados os resultados de Soares (2018), os quais identificaram que a FR não ultrapassou os 80 mov.min. para o período da tarde, corroborando os dados obtidos no presente trabalho. Da mesma forma no Brasil, outro trabalho, agora de Radavelli (2018), estudando 1020 animais criados em sistema CB, relataram que a grande maioria dos animais apresentaram valores de FR em torno de 40 a 80 mov.min.

Por outro lado, Pilatti et al. (2019), em um estudo feito em Dois Vizinhos – PR, encontraram valores de FR de 42, 60 e 66 mov.min. para os horários das 09h, 12h e 15h, respectivamente. Porém, com as multíparas apresentando maior valor se comparado ao das primíparas, de 58 e 54 mov.min., respectivamente. Para a variável TS, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os animais apenas para o horário das 03h30, novamente com as multíparas apresentando valores mais elevados se comparados aos das primíparas, de 29,43°C e 28,26°C, respectivamente (tabela 18).

A temperatura superficial dos animais é influenciada por diferentes fatores, Almeida et al. (2010) determinaram que fatores ambientais, como a temperatura do ar (°C), umidade relativa (%) e a velocidade do vento (m/s), influenciam diretamente a TS dos animais. De qualquer forma, segundo Collier, Dahl e Vanbaale (2006), valores de TS abaixo de 35 °C já são o suficiente para a realização das trocas térmicas pelos animais com o ambiente. Seguindo esses padrões, os grupos de animais estudados se encontravam na faixa inferior, possibilitando que os mesmos pudessem realizar as trocas térmicas em todos os períodos de avaliação com maior eficiência. Soares (2018) encontrou valores médios de TS próximos a 31°C para o período da tarde, resultado próximo ao encontrado no presente trabalho.

Pilatti et al. (2019) encontraram valores para a variável TS de 29,2°C, 31,3°C e 31,1°C para os horários das 09h, 12h e 15h, respectivamente. Porém, com as multíparas sempre apresentando maior valor quando comparado com as primíparas, de 30,8°C e 30,3°C, respectivamente, corroborando os dados obtidos no trabalho. Radavelli (2018) encontrou valores médios de 31,41°C em um estudo com 1.118 vacas criadas em sistema CB, com valor de 31,3°C para às 12h, sendo valor próximo ao encontrado nesta pesquisa.

Reece (2006) cita que as diferenças encontradas entre os grupos de animais estudados, principalmente para a variável FR, mesmo que sutil, pode ser explicado, uma vez que as vacas multíparas possuem idade, peso, produção de leite e capacidade de enchimento do trato digestivo maiores, conseqüentemente a geração de calor metabólico é mais elevada. Somado a

isso, os valores das variáveis do ambiente de produção ao qual os animais são submetidos podem ter contribuído para a diferença encontrada nas variáveis FR e TS.

4.4. Conclusão

Considerando a quantidade de calor no ambiente como um elemento importante para a ambiência de vacas leiteiras, conclui-se por meio desses resultados que, no ambiente interno do CB, o calor foi desconfortável para os animais, considerando também que frequência respiratória destes foi alterada e classificada como estando em estresse térmico médio.

Da mesma forma em relação ao sistema de ventilação, conclui-se que o mesmo não foi eficiente para proporcionar conforto aos animais, considerando também que a frequência respiratória destes foi alterada e classificada como estando em estresse térmico médio. Os valores de temperatura superficial dos animais mantiveram-se dentro dos padrões adequados para ambos os grupos ao longo dos horários avaliados. De uma forma geral, conclui-se que, com base nas variáveis estudadas neste trabalho, o galpão de *compost barn* não foi capaz de proporcionar um ambiente térmico de conforto aos animais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. L. P. et al. Investimento em climatização na pré-ordenha de vacas girolando e seus efeitos na produção de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.12, p.1337–1344, 2010.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AZEVEDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 83p. (Série documentos, 188).
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais - conforto animal**. 2. ed. Viçosa: Editora da UFV, 2010.
- BLACK, R. A. et al. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, p. 8060-8074, 2013.
- BROUCEK, J. Effect of noise on performance, stress, and behaviour of animals. **Slovak Journal Animal Science**, v. 47, p. 111-123, 2014.
- BRASIL. Decreto-Lei n. 135, de 28 de junho de 2003. Estabelece as normas mínimas de proteção dos suínos alojados para efeitos de criação e engorda [...]. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 jun. 2003.
- CHLOUPEK, P. et al. Stress in broiler chickens due to acute noise exposure. **Acta Veterinária BRNO**, v. 78, p. 93-98, 2009.
- COLLIER, R. J.; DAHL, G. E.; VANBAALE, M. J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 4, p. 1244–1253, 2006.
- DAMASCENO, F. A. et al. Geostatistics applied to the evaluation of noise levels in Compost Barn with different ventilation systems. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA (CBA), 30, 12 a 15 de setembro de 2017, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza – CE: CBA, 2017.
- ECKELKAMP, E. A. et al. Sand bedded freestall and compost bedded pack effects on cow hygiene, locomotion, and mastitis indicators. **Livestock Science**, v. 190, p. 48-57, 2016.
- ENDRES, M. I.; JANNI, K. A. **Compost bedded pack barns for dairy cows**. Extension, University of Nebraska-Lincoln, 2008.
- FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente: Para aves, suínos e bovinos**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2015.
- GARCIA, P. R. **Galpão freestall com sistema de resfriamento evaporativo e ventilação cruzada: desempenho térmico, zootécnico e o nível de bem-estar animal**. 2017, 149 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Piracicaba (SP), 2017.

GAUGHAN, A. et al. Review of current assessment of cattle and microclimate during periods of high heat load. **Anim. Prod. Aust.**, v.24, p. 77-80, 2002.

HAHN, G. L. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 10-20, 1999.

LUZ, A. M. R. D. Comportamento dos gases. In: LUZ, A. M. R. D. **Curso de Física**. v. 2. São Paulo: Scipione, 2005, cap. 11.

MALDONADO, F. **Fórum de discussão sobre as diretrizes da OIE referentes ao bem-estar animal**. 2016. Disponível em: <http://www.sbppc.org.br/arq/oie/oie-standard.pdf>. Acesso em 20 de julho de 2019.

MARTELLO, L. S. **Interação animal-ambiente**: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em *free-stall*. 2006. 113p. Tese (Doutorado em Qualidade e Produtividade Animal) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

MARTELLO, L. S. et al. Physiologic and Performance Responses of Holstein Cows in Milking under Different Environments **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n. 1, p.181-191, 2004.

MORAIS, D. A. E. F. et al. Variação anual de hormônios tireoidianos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 3, 2008.

MOTA, V. C., ANDRADE, E. T., LEITE, D. F. Caracterização da variabilidade espacial dos índices de conforto animal em sistemas de confinamento *compost barn*. **Pubvet Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.13, p.1-14, fev. 2019.

MOTA, V. C.; DAMASCENO, F. A.; LEITE, D. F. Fuzzy clustering and fuzzy validity measures for knowledge discovery and decision making in agricultural engineering. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 150, p. 118-124, 2018.

NÚCLEO DE PESQUISA EM AMBIÊNCIA (NUPEA). **Tabelas práticas de entalpia**. 2019 Disponível em: <http://www.nupea.esalq.usp.br/tabelas-de-entalpia>. Acesso em: 02 nov. 2019.

OLIVEIRA, C. E. A. et al. Geoestatística aplicada à distribuição espacial das condições térmicas e ruído em instalações *Compost Barn* com diferentes sistemas de ventilação. **Ciência et Praxis**, v. 09, n. 18, p. 41-48, 2016.

PEIXOTO, M. S. M. et al. Thermoregulatory behavior of dairy cows submitted to bedding temperature variations in Compost barn systems. **Biological Rhythm Research**, p. 1-10, 2019.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados/Evaluation of thermal comfort in dairy cattle using data mining. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 1, n. 2, p. 117-126, 2007.

PILATTI, J. A. et al. Diurnal behaviors and herd characteristics of dairy cows housed in a compost-bedded pack barn system under hot and humid conditions. **Animal**, v. 13, n. 2, p. 399 – 406, 2019.

PILATTI, J. A.; VIEIRA, F. M. C. Environment, behavior and welfare aspects of dairy cows reared in compost bedded pack barns system. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 5, n. 3, p. 97-105, jul. 2017.

PINHEIRO, M. G. et al. Efeito do ambiente pré-ordenha (sala de espera) sobre a temperatura da pele, a temperatura retal e a produção de leite de bovinos da raça Jersey. **Revista Portuguesa de Zootecnia**, Vila Real, v.12, n.2, p. 37-43, 2005.

RADAVELLI, W. M. **Caracterização do sistema *compost barn* em regiões subtropicais brasileiras**. 2018. 52p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Produção Animal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó, 2018.

REECE, W. O. Respiração nos mamíferos. In: DUKES, H. H. **Fisiologia dos animais domésticos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S. A., 2006. cap. 7, p. 897-908.

RODRIGUES, V. C. et al. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **International Journal of Biometeorology**, v. 55, n. 03, p. 455-459, 2010.

ROSSAROLLA, G. **Comportamento de vacas leiteiras da raça holandesa, em pastagem de milheto com e sem sombra**. 2007. 46f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Rurais – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v. 67, p. 1-18, 2000.

SOARES, A. A. **Variabilidade espacial do microclima em sistema *compost barn*: influência na qualidade da cama, termorregulação e comportamento de vacas leiteiras**. 2018. 80 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos - PR, 2018.

THOM, E. C. **Cooling degress-day air conditioning, heating, and ventilating**. Transactions of the American Society of Heating (ASHRAE), St. Joseph, v. 55, n.7, p. 65-72, 1958.

5. DESEMPENHO PRODUTIVO, COMPORTAMENTAL E INTEGRIDADE FÍSICA DE VACAS PRIMÍPARAS E MULTÍPARAS EM SISTEMA *COMPOST BARN*

Resumo

O *compost barn* é descrito como um sistema capaz de fornecer um ambiente adequado aos animais a fim de que as variáveis produção de leite e integridade física estejam dentro dos padrões aceitáveis para a espécie, fazendo com que os bovinos acabem apresentando uma redução nos comportamentos negativos que possam indicar alguma enfermidade ou algum problema no sistema ou no manejo. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo a avaliação do desempenho produtivo (leite), comportamental e da integridade física (claudicação e sujidade) em vacas primíparas e multíparas alojadas em um sistema *compost barn*, com o intuito de avaliar a influência da ordem de parição sobre estas variáveis, bem como se o sistema é capaz de fornecer um ambiente adequado para os animais. O experimento foi realizado no mês de fevereiro de 2019, durante o verão, em uma propriedade particular localizada próxima ao município de Monte Alegre de Minas - MG. Foram selecionados 30 animais da raça Girolando divididos em dois grupos iguais (primíparas e multíparas), considerando o peso e a produção de leite. As variáveis comportamentais foram realizadas ao longo de 8 dias, das 8h às 11h pela manhã e das 15h30 às 18h pela tarde em intervalos de 10 em 10 minutos, por meio de um etograma de trabalho. Para as variáveis claudicação e sujidade, foram gerados escores classificatórios para ambos os grupos de animais, sempre considerando a marcha e o alinhamento do dorso do animal e sua limpeza quando iam em direção à linha de ordenha. Para a variável produção de leite, os dados foram adquiridos ao longo dos 30 dias de estudo, em horários fixos: das 04h às 06h, 12h às 14h e das 19h às 21h. Adotou-se uma análise estatística descritiva, na qual as variáveis foram submetidas ao teste t a 5% de probabilidade. Com relação ao comportamento dos animais, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos avaliados para as variáveis ofegação (O) e ócio deitado (OD), com as multíparas demonstrando mais vezes esses comportamentos, ambos os grupos permaneceram mais tempo na posição em pé, com baixos comportamentos considerados negativos. Para as variáveis claudicação e sujidade, a grande maioria dos animais apresentaram escores considerados adequados (1 e 2), indicativo de que o mesmo foi capaz de fornecer um ambiente físico ideal. Com relação à produção de leite, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos de animais, com a produção de leite/dia adequada se comparada com a média nacional para a espécie (Girolando). Os resultados encontrados nessa pesquisa apontam que o sistema CB foi capaz de fornecer um ambiente físico adequado para os animais quanto às variáveis claudicação e sujidade, havendo influência da ordem de parição em algumas variáveis comportamentais, integridade física e na produção de leite.

Palavras-chave: Escores; Claudicação; Sujidade; Posição

Abstract

Compost barn is described as a system capable of providing an adequate environment for the animals so that the milk production and physical integrity variables are within acceptable standards for the species, causing the cattle to end up showing a reduction in negative behaviour that may indicate some disease or problem in the system or management. Therefore, this research had as objective the evaluation of the productive performance (milk), behavior and physical integrity (claudication and dirt) in primiparous and multiparous cows housed in a compost barn system, in order to evaluate the influence of the lambing order on these variables, as well as if the system is able to provide an adequate environment for the animals. The experiment was carried out in February 2019, during the summer, at a private property located near the municipality of Monte Alegre de Minas - MG. 30 animals of the Girolando breed were selected, divided into two equal groups (primiparous and multiparous), considering weight and milk production. The behavioral variables were performed over 8 days, from 8 a.m. to 11 a.m. and from 3:30 p.m. to 6 p.m. in the afternoon at 10-minute intervals. For the claudication and dirt variables, classification scores were generated for both groups of animals, always considering the gait and alignment of the back of the animal and its cleanliness when going towards the milking line. For the milk production variable, the data were acquired over the 30 days of study, at fixed times: from 04h to 06h, 12h to 14h and 19h to 21h. A descriptive statistical analysis was adopted, in which the variables were submitted to the t test at 5% probability. Regarding the behavior of the animals, there was a significant difference ($p < 0.05$) between the groups evaluated for the panting (O) and lying down leisure (OD) variables, with the multitude demonstrating more often these behaviors, both groups remained longer in the standing position, with low behaviors considered negative. For the claudication and dirt variables, the great majority of the animals presented scores considered adequate (1 and 2), indicating that it was able to provide an ideal physical environment. Regarding milk production, there was a significant difference ($p < 0.05$) between groups of animals, with adequate milk production/day if compared with the national average for the species (Girolando). The results found in this research indicate that the CB system was able to provide an adequate physical environment for the animals regarding the claudication and dirt variables, with the influence of the order of lambing on some behavioral variables, physical integrity and milk production.

Keywords: Scores; Claudication; Dirt; Position

5.1. Introdução

Proporcionar o bem-estar aos animais de produção, em especial aos bovinos leiteiros, é de extrema importância, uma vez que, alterações podem ocorrer nos índices produtivos e sanitários dos animais, conseqüentemente, aumente o lucro da propriedade. Os sistemas intensivos de criação, em especial o *compost barn* (CB), têm sido utilizados por proporcionarem um impacto substancial na saúde geral e na longevidade dos animais (BARBERG et al., 2007). Segundo Bilby et al. (2009), caso os animais não sejam bem manejados, são diversos os fatores que podem afetar o bem-estar das vacas de leite em um sistema de produção intensivo, tais como o estresse térmico, integridade física (claudicação e sujidade) e a sanidade, ocasionando alterações comportamentais, perdas na produção e nos índices reprodutivos.

Com relação ao comportamento dos bovinos de leite dentro dos sistemas intensivos de criação, em especial no CB, Fregonesi e Leaver (2001), Barberg et al. (2007), Eckelkamp et al. (2014), Ofner-Schröck et al. (2015) e Pilatti et al. (2019) demonstraram que o sistema foi capaz de interferir de maneira positiva no dia a dia dos animais. Os mesmos autores citam que as vantagens proporcionadas pelo sistema são: interação maior com os outros animais e com os seres humanos, maior demonstração de comportamentos de deitar, que são considerados positivos, e menor demonstração de brigas e comportamentos estereotipados.

Outros fatores bastante influentes nos índices de bem-estar e produtividade de um rebanho são os quadros de claudicação e a sujidade dos animais, pois tais injúrias são intimamente ligadas aos índices produtivos e sanitários do rebanho. Segundo Chaplin et al. (2000), Barberg, Endres e Janni (2007), Burgstaller et al. (2016), Adams et al. (2017), Costa et al. (2017) e Pilatti et al. (2019), o sistema CB é capaz de proporcionar uma melhor integridade física aos animais, uma vez que, se a cama for bem manejada fornecerá uma superfície ideal de contato com o animal promovendo assim índices de escore de sujidade e claudicação menores na propriedade.

Porém, de acordo com Fregonesi e Leaver (2001) e Lobeck et al. (2012), caso o manejo com a cama não seja feito de forma adequada, principalmente em períodos do ano cuja temperatura do ar esteja baixa e a umidade elevada. Essas condições dificultam o processo de secagem da cama, ocasionando índices de sujidade, bem como o aparecimento de infecções mamárias elevadas. Entretanto, conforme Damasceno (2012), quando o sistema é bem manejado, respeitando rigorosamente o protocolo de revolvimento e remoção da cama, o tempo de permanência do material no galpão e o número adequado de animais, o sistema CB é capaz de proporcionar aumento na quantidade e qualidade do leite produzido. Barberg et al. (2007),

Black et al. (2013) e Astiz et al. (2014) demonstraram que a produção de leite dos animais criados em CB, desde que bem manejados, aumentou se comparado com o sistema a pasto e com o sistema com cama de palha, porém, deve-se considerar que esses resultados são de pesquisas realizadas fora do Brasil em outras condições climáticas e com diferentes níveis tecnológicos.

Diante dessas informações e devido à necessidade de maiores estudos de caso sobre o sistema visando facilitar a tomada de decisão do produtor brasileiro quanto à adoção do sistema de CB, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo, comportamental e a integridade física de vacas primíparas e multíparas criadas em um sistema do tipo *compost barn* que utiliza como substrato de cama a palha de arroz.

5.2. Material e métodos

5.2.1. Caracterização do sistema

O projeto de pesquisa fora aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), identificado através do protocolo nº 2018.5.2288.11.3, nº CEUA: 2018-35.

O projeto ocorreu em uma fazenda comercial, produtora de leite, que adota o sistema *compost barn*, localizada próximo ao município de Monte Alegre de Minas - MG, a cerca de 749 metros acima do nível do mar, com as coordenadas geográficas: latitude 18°52'15" S e longitude 48°52'51" W.

O clima da região é predominantemente subtropical úmido com inverno seco e verão quente (Cwa), segundo a classificação de Köppen, com uma capacidade pluviométrica anual variando de 1.300 a 1.500 mm, temperaturas de 16 °C a 31 °C e níveis de umidade relativa do ar (UR) de 20% a 80%, (ALVARES et al., 2013).

O experimento foi realizado durante 30 dias, ocorrendo ao longo do mês de fevereiro de 2019, durante o verão, no qual foram realizadas as medições das condições climáticas do ambiente interno e externo de produção, bem como o registro da produção de leite, do comportamento e da integridade física (claudicação e sujidade) dos animais criados no sistema estudado. Deu-se início à utilização do CB na respectiva fazenda em 02 de fevereiro de 2018, abrigando 121 animais da raça Girolando separados por lotes (primíparas e multíparas) de acordo com a idade e fase de lactação, com uma produção média diária de 3.800 a 4.200 litros de leite/dia.

O galpão apresenta uma área total de 1750 m^2 ($70 \text{ m} \times 25 \text{ m}$), com uma área de cama, que tem a palha de arroz como substrato, com cerca de 1050 m^2 ($70 \text{ m} \times 15 \text{ m}$), pista para alimentação e bebedouros de 350 m^2 ($70 \text{ m} \times 5 \text{ m}$) cada, pé-direito de 5 m de altura, laterais abertas, beirais de 3 m , estrutura de telhado com cobertura metálica, lanternim centralizado e uma sala de ordenha próxima ao galpão (canalizado tipo espinha de peixe) com seis conjuntos de teteiras (figura 28).

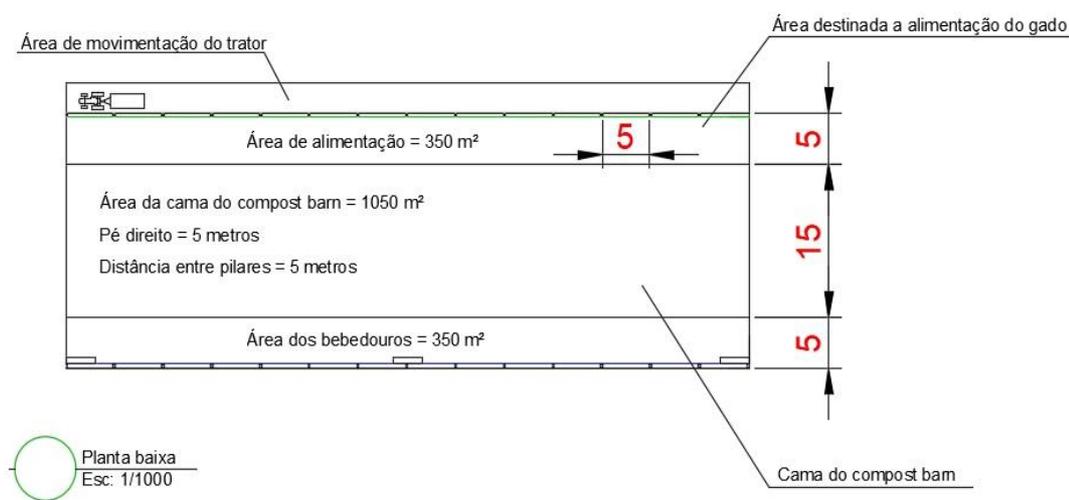


Figura 28. Planta baixa do galpão do *compost barn*

No interior do CB foram instalados 10 ventiladores com uma capacidade de fluxo de ar de $37.638 \text{ m}^3/\text{h}$, posicionados em duas linhas com 5 ventiladores de cada lado, a uma altura de $3,5 \text{ m}$ da cama, ligados cerca de 18 horas por dia.

O manejo com a cama de palha de arroz ocorria duas vezes ao dia: das 07h às 08h, pela manhã, e das 16h às 17h pela tarde, a fim de tornar o material mais aerado, bem como auxiliar na descompactação e controle da umidade da cama. Os animais eram alimentados em três horários distintos (06h, 12h e 16h), com uma dieta balanceada de acordo com o lote e produção de leite ($\text{kg}/\text{leite}/\text{animal}/\text{dia}$). A composição dessa dieta está especificada na tabela 19.

Tabela 19. Composição da dieta das vacas, separada por lotes, em sistema *compost barn* durante o turno experimental

Categorias	Composição da dieta (kg)	Valor unitário (kg/vaca/dia)	Horários (h)			Total de bovinos
			kg/total de vacas/dia			
			6	12	16	
Primíparas	Ração	6,5	125	125	125	58
	Farelo de Soja	2,5	48	48	48	
	Polpa Cítrica	3,5	68	68	68	
	Calcário	0,1	2	2	2	
	Silagem	25,0	483	483	483	
Multíparas	Ração	8,0	147	147	147	55
	Farelo de Soja	2,5	46	46	46	
	Polpa Cítrica	3,5	64	64	64	
	Calcário	0,1	2	2	2	
	Silagem	30,0	550	550	550	

5.2.2. Variações do Microambiente

Durante o experimento foram realizados o monitoramento das condições climáticas do ambiente externo e interno de produção, com o registro da temperatura do ar (temperatura de bulbo seco) e da umidade relativa. Utilizou-se 4 *dataloggers* da marca HOB0® (U10-003), para a aquisição dos dados, sendo três destes equipamentos instalados internamente na linha central do galpão de CB, pendurados nas tesouras do telhado, a uma altura de 2,10 m do piso, sendo instalados equidistantes ao longo do comprimento. Para as medidas dos dados externos, o equipamento foi instalado em um abrigo meteorológico sobre uma área com cobertura vegetal a uma distância de 8 metros do CB, na altura de 2,10 m do chão.

Os dispositivos foram programados para realizar os registros a cada 30 minutos, de forma ininterrupta. Por meio das variáveis climáticas registradas, foi determinado entalpia específica do ar, proposta por Rodrigues et al. (2010):

$$H = \{ 1.006 * Ta + [(UR/PB) * 10(7.5 * Ta/237,3 + Ta)] \} * (71,28 + 0,052 * Ta)$$

Em que:

H = Entalpia (KJ Kg⁻¹ ar seco);

Ta = Temperatura do ar (°C);

UR = Umidade relativa do ar (%);

PB = Pressão barométrica local (mmHg);

*A pressão barométrica local considerada foi de 697,28 mmHg.

Os dados registrados foram utilizados para correlacionar os valores de entalpia máxima interna do galpão de CB, com as alterações de comportamento dos animais.

5.2.3. Animais do experimento

Foram utilizados 30 animais da raça Girolando (7/8), divididos em dois grupos, constituídos por 15 animais cada, de acordo com a ordem de parição (primíparas e múltíparas), peso e produção de leite.

O grupo 1 fora constituído pelos animais primíparas, com média de peso e produção de 524kg e 30kg respectivamente; e o grupo 2 constituído pelos animais múltíparas com média de peso e produção de 635 kg e 36 kg, respectivamente. Os grupos foram identificados com números de coloração diferente, de 1 a 15, na região da garupa.

5.2.4. Integridade Física

Considerando os aspectos relacionados à integridade física como sendo saúde animal, foram avaliados os índices de sujidade e claudicação dos animais.

5.2.4.1. Índice de sujidade

As avaliações de sujidade foram realizadas três vezes ao dia, no período em que os animais eram conduzidos até a sala de ordenha, por meio de avaliadores previamente treinados, com os dados posteriormente verificados, utilizando o método de avaliação animal focal. As regiões avaliadas foram: a região lateral da cauda direita, membros posteriores (lateral direita e caudal) e úbere, de acordo com o escore sugerido. As análises seguiram o escore de higiene proposto por Cook e Reinemann (2007) (figura 29):

- **Escore 1:** Foi aplicado quando ocorreu a identificação de ausência de sujidades nas regiões avaliadas;
- **Escore 2:** Foi aplicado quando ocorreu a identificação de regiões com presença de pequenas manchas de sujidades, sendo superficiais ao pelo;
- **Escore 3:** Foi aplicado quando ocorreu a identificação de regiões com presença de placas de sujidades, sendo essas aderidas ao pelame;

- **Escore 4:** Foi aplicado quando ocorreu a identificação de regiões com placas de sujidades que impediam a visualização do pelame do animal pelo observador.

Escore	Membro posterior	Úbere	Região lateral
1			
2			
3			
4			

Figura 29. Escore de sujidade proposto por Cook (2007)

5.2.4.2. Claudicação

A avaliação da claudicação dos animais foi realizada também três vezes ao dia, por meio de um avaliador previamente treinado, utilizando-se o método de avaliação animal focal.

Os animais foram classificados em escores com a pontuação variando de 1 a 5. As análises seguiram o escore de claudicação proposto por Sprecher, Hostetler e Kaneene (1997) (figura 30):

- **Escore 1:** Foi determinado quando a linha do dorso dos animais permanecia reta em qualquer posição, com todas as patas apoiadas firmemente ao chão.
- **Escore 2:** Foi determinado quando a linha do dorso dos animais ficava levemente arqueada quando o animal caminha, com o apoio das patas ao chão de forma anormal.
- **Escore 3:** Foi determinado quando a linha do dorso dos animais ficava arqueada em qualquer posição, com os passos realizados mais curtos com uma das patas.
- **Escore 4:** Foi determinado quando a linha do dorso dos animais ficava sempre arqueada, com os animais apoiando pouco o peso corporal sobre as patas.
- **Escore 5:** Foi determinado quando a linha do dorso ficava sempre arqueada, com os animais apresentando recusa para apoiar-se sobre uma das patas.

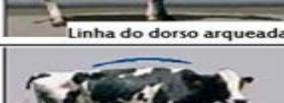
Escore	Animal parado	Animal caminhando
1	 Linha do dorso reta	 Linha do dorso reta
2	 Linha do dorso reta	 Linha do dorso arqueada
3	 Linha do dorso arqueada	 Linha do dorso arqueada
4	 Linha do dorso arqueada	 Linha do dorso arqueada
5	 Linha do dorso arqueada	 Linha do dorso arqueada

Figura 30. Escores de claudicação adaptado do método de Sprecher et al. (1997)

Para a pontuação dos animais, foram considerados a marcha dos mesmos até a sala de ordenha, bem como o alinhamento do dorso.

5.2.5. Comportamento

A avaliação comportamental dos animais foi realizada por meio de um etograma de trabalho no decorrer da pesquisa. As análises foram feitas a partir da técnica “animal focal”, sendo os comportamentos divididos pela posição dos animais, e ações positivas - negativas realizadas.

As avaliações ocorreram 2 vezes por semana (terça e quinta-feira), num intervalo de 10 em 10 minutos, sendo pela manhã das 08h às 11h e pela tarde das 15h30 às 18h, totalizando 05h30 de avaliações por dia e 44h de avaliações durante os 8 dias de coleta de dados, por meio de um observador posicionado a uma distância considerável do animal, para não haver interferência nas atividades.

Os dados foram anotados em planilha de campo, adaptada do método proposto por Endres e Barberg (2007), conforme descrito a seguir:

- **Posição:**
- **Ócio em pé (OP):** Registrado quando o animal se encontrava com os quatro membros estirados, apoiados no chão, cabeça ereta ou baixa, sem realizar qualquer atividade (ruminando, comendo, etc...).
- **Ócio deitado (OD):** Registrado quando o animal se encontrava com os quatro membros flexionados, ventre encostado no chão e a cabeça ereta ou baixa sobre a cama.
- **Ruminando em pé (RP):** Registrado quando o animal se encontrava com os quatro membros estirados, apoiados no chão, cabeça ereta ou baixa e ruminando.
- **Ruminando deitado (RD):** Registrado quando o animal se encontrava com os quatro membros flexionados, ventre encostado no chão, cabeça ereta ou baixa sobre a cama e ruminando.
- **Ação Positiva:**
- **Comendo (Co):** Registrado quando o animal se encontrava ingerindo alimento na pista de alimentação.
- **Ingerindo água (IA):** Registrado quando o animal se encontrava ingerindo água nos bebedouros.
- **Andando (A):** Registrado quando o animal se deslocava sobre a cama ou pista de alimentação.
- **Lambendo (L):** Registrado quando o animal se lambia e/ou recebia lambidas de outro animal em qualquer parte do corpo.
- **Brincando com a cama (BC):** Registrado quando o animal, a partir dos movimentos de cabeça e membros, jogava a cama para cima ou para os lados.
- **Ação Negativa:**
- **Cabeçada (Ca):** Registrado quando o animal realizava movimentos fortes da cabeça contra o corpo de outro animal, sem causar deslocamento do animal reator.
- **Empurrar (E):** Registrado quando o animal realizava movimentos com os quais empurrava o corpo de outro por contato físico brusco e direto, fazendo com que o outro se movesse.
- **Perseguição (P):** Registrado quando o animal se aproximava a menos de 0.5m de outro animal, fazendo com que este se movimentasse, sem contato físico.

- **Ofegação (O):** Registrado quando o animal apresentava a boca aberta e salivação em excesso.

Dentre estes comportamentos, foram considerados realizados com o animal em pé os comportamentos de ócio e ruminação em pé, comer, ingerir água, andar, lamber, brincar com a cama, cabeçada, empurrar, perseguição e ofegação, e considerados com o animal em decúbito apenas os comportamentos de ruminação e ócio deitados.

5.2.6. Produção de leite

A variável produtiva analisada fora a produção de leite por animal/dia, durante os 30 dias de estudo, nos horários de ordenha dos animais (04h-06h, 12h-14h e 19h-21h). A produção de leite por animal foi registrada através de um sistema automático de aquisição de dados presente na ordenha. Esses dados posteriormente foram passados para uma planilha contendo a identificação do animal e a produção em litros de leite, correlacionando os dados com a variável entalpia média do ambiente externo do CB.

5.2.7. Análise dos dados

A partir da utilização de uma pesquisa de caráter observacional do sistema CB, as variáveis coletadas do ambiente de produção (entalpia), produtivas (leite), comportamentais e integridade física dos animais foram submetidas a uma análise descritiva, gerando valores de medidas de posição (média, mediana, máxima e mínima), medidas de dispersão (erro padrão da média, coeficiente de variação e desvio padrão da média) e medidas de forma de distribuição (coeficiente de assimetria e curtose). A confirmação da normalidade dos dados se deu a partir dos valores gerados de coeficiente de assimetria e curtose, sendo posteriormente realizado o teste F para homogeneidade de variâncias. Em seguida realizou-se o teste de comparação de médias, no qual os dados foram submetidos ao teste t a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram feitas com o auxílio do programa SAS (Statistical Analysis System).

5.3. Resultados e Discussão

5.3.1. Avaliação comportamental dos animais criados em sistema compost barn

Sabe-se que os comportamentos executados pelos animais em um sistema de produção, determinam no geral, o quão o ambiente está ou não adequado aos mesmos. Comportamentos considerados negativos, como estereotípias e brigas determinam que o sistema muitas vezes não atende aos preceitos de bem-estar animal. De acordo com a avaliação comportamental realizada nesta pesquisa, analisou-se a posição dos animais em relação ao ambiente de produção.

Nas figura 31 e 32 são apresentados os valores das frequências de ocorrência dos comportamentos referente as posições (em pé e deitado) para ambos os grupos de animais, ao longo do período de avaliação. Para ambos os grupos de animais observados a frequência de ocorrência para a variável em pé que englobou os comportamentos: ócio em pé (OP), ruminando em pé (RP), comendo (Co), ingerindo água (IA), andando (A), lambendo (L), perseguição (P), cabeçada (Ca), empurrar (E) e ofegação (O) foi maior, quando comparados com o comportamento deitado que considerou o ócio (OD) e a ruminação (RD). (figura 31 e 32).

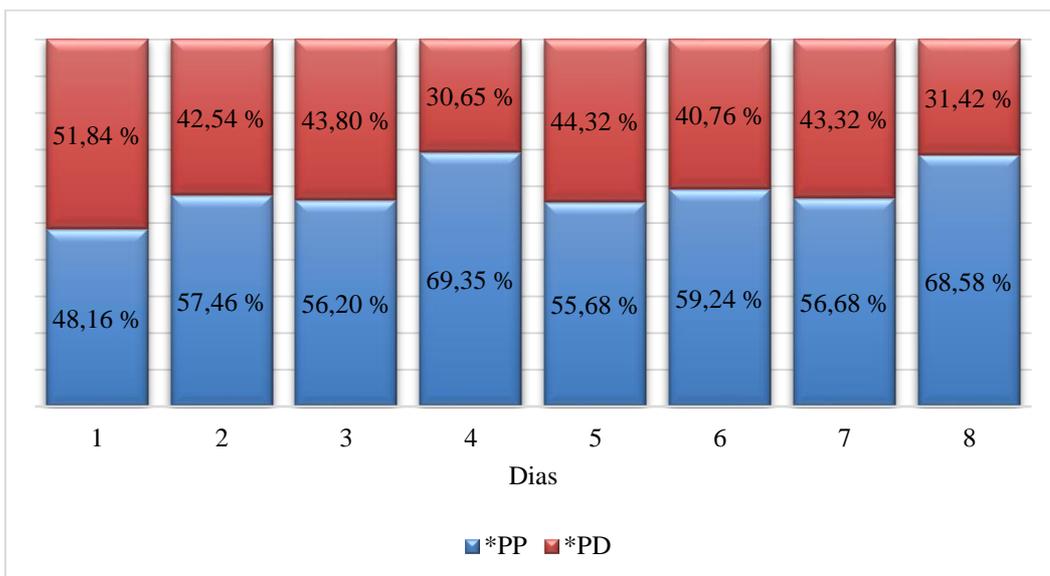


Figura 31. Frequência de ocorrência referente aos comportamentos em pé e deitado, no verão

* PP - Primíparas em pé; PD - Primíparas deitado.

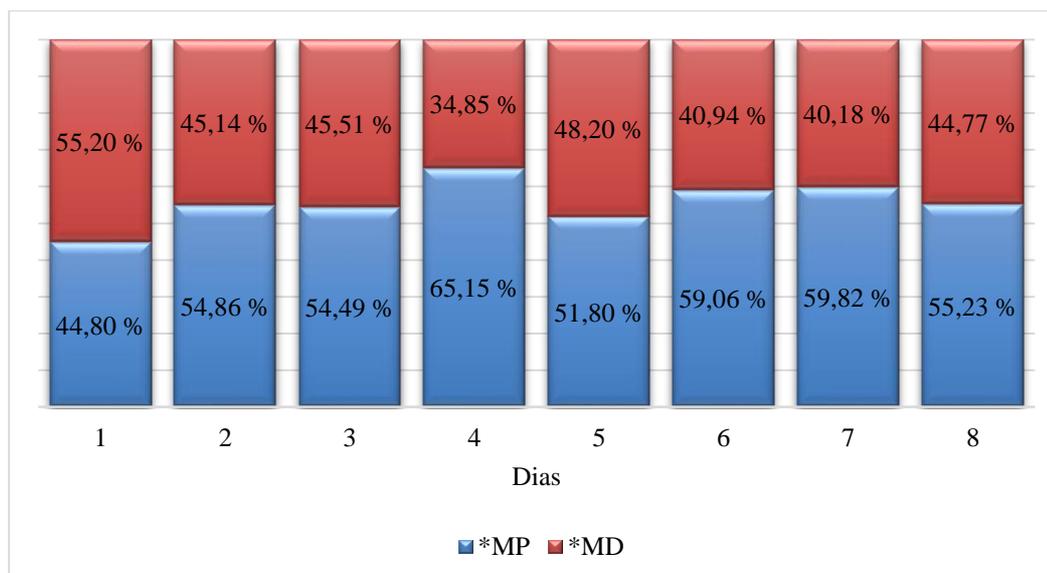


Figura 32. Frequência de ocorrência referente aos comportamentos em pé e deitado, no verão

*MP - Multíparas em pé; MD - Multíparas deitado.

Avaliando as figura 31 e 32 separadamente de acordo com a ordem de parição verifica-se que durante a maior parte do tempo as primíparas apresentaram uma frequência maior na posição em pé se comparado com as multíparas, e as multíparas apresentaram uma frequência maior para o comportamento de deitar, corroborando com os resultados apresentados por Pilatti et al. (2019), cujo as primíparas permaneceram mais tempo em pé devido às mesmas apresentarem um comportamento exploratório maior.

Da mesma forma, avaliando os dados de acordo com o agrupamento de comportamentos utilizado no etograma, (Endres e Barberg, 2007), verifica-se pela tabela 20 que o tempo despendido no comportamento das vacas no CB, ocorreu com uma predominância da posição em pé (PP) em relação a posição deitada (PD). Nessa pesquisa foi registrado o comportamento dos animais durante 5h30min/dia, sendo utilizado intervalos de observação considerados comportamentos diurnos devido ao horário das observações. Pode ocorrer uma distorção nas comparações com outros trabalhos devido ao período de observação, pois nesse caso os hábitos considerados foram os diurnos, desconsiderando dos hábitos noturnos dos animais.

Tabela 20. Comportamentos registrados em horas para ambos os grupos de animais, criadas em um galpão de *compost barn*, no verão

Posição	Comportamento	Primíparas (hrs)	Total (hrs)	Múltíparas	Total (hrs)
Em pé (PP)	OP**	8,13/44*	25,9	8,82/44*	24,5
	RP**	4,80/44		3,47/44	
	Co**	10,52/44		10,07/44	
	IA**	0,91/44		0,58/44	
	A**	0,85/44		0,84/44	
	L**	0,44/44		0,33/44	
	P**	0,00/44		0,00/44	
	Ca**	0,16/44		0,09/44	
	E**	0,07/44		0,00/44	
	BC**	0,00/44		0,00/44	
	O**	0,03/44		0,30/44	
Deitado (PD)	OD**	8,57/44	18,1	11,69/44	19,5
	RD**	9,50/44		7,81/44	

* Valor referente ao total de horas (44) observadas durante o experimento pelo total de horas daquele determinado comportamento.

** OP - ócio em pé, OD - ócio deitado, RP - ruminando em pé, RD - Ruminando deitado, Co - Comendo, IA - Ingerindo água, A - Andando, L - lambendo, BC - Brincando com a cama, Ca - Cabeçada, E - Empurrar, P- Perseguição, O - ofegação.

Os valores apresentados na tabela 20 referem-se às 44 horas de observação durante os 8 dias de análise. Verifica-se que houve uma predominância dos conjuntos de comportamentos que compõem a posição em pé, para ambos os grupos avaliados. Para a posição deitado, tanto ruminado como em ócio, os valores foram maiores que os encontrados por Fregonesi e Leaver (2001) e Barberg et al. (2007), de 10h a 14h e 9,3h por dia, respectivamente. Os mesmos autores citam que estes resultados foram positivos, sendo um indicativo de bem-estar, justificando devido ao fato de o CB proporcionar uma superfície macia (cama) para os animais.

Na tabela 21 são apresentados os valores referentes aos comportamentos isolados para ambos os grupos de animais, havendo diferença significativa ($p < 0,05$) apenas para os comportamentos ócio deitado (OD) e ofegação (O).

Com relação a ofegação ter sido maior nas múltíparas pode ser explicado, pois segundo Reece (2006) animais múltíparos possuem idade, peso (kg), produção de leite (kg) e capacidade de enchimento do trato digestivo maiores e conseqüentemente sua geração de calor metabólico mais elevada. Este fato deve ser considerado pois esses animais sofrem mais com o estresse térmico, necessitando usar o mecanismo da respiração para aumentar as trocas de calor com o meio.

O fato do comportamento OD ter sido mais evidente nas múltiparas pode ser explicado de acordo com Moraes et al. (2010); e Barberg et al. (2007), na qual relataram que um dos métodos mais eficientes de troca de calor sensível com o ambiente é a condução, e considerando que esses animais apresentaram maior ofegação e uma frequência maior para o comportamento de deitar, acredita-se que devido a diferença de temperatura superficial da cama sendo menor que a temperatura superficial do animal, isso promoveu maior ocorrência desse comportamento como forma de troca de calor por condução. Cecchin et al. (2014), avaliando o comportamento de bovinos leiteiros em função do tipo de material de cama utilizado em sistemas *free stall* (FS), concluíram que os animais permaneceram na posição de OD por maior tempo em estruturas com cama de areia, justamente por este material proporcionar uma perda de calor do animal com o ambiente (condução) de forma mais eficiente que a cama de borracha.

Mesmo não havendo diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos de animais para os demais comportamentos avaliados, deve-se considerar que a questão relacionada com a posição envolve na avaliação todos os comportamentos associados como comendo, ingerindo água, andando, lambendo, brincando com a cama, cabeçada, empurrar, perseguição e ofegação, no qual foram considerados com os animais em pé (tabela 21).

Nesse caso não se pode avaliar simplesmente a comparação entre OP e OD e/ou RP e RD. De qualquer forma com os dados obtidos nessa pesquisa verifica-se que o comportamento deitar está diretamente relacionado com as condições térmicas do ambiente, como pôde ser visto nas figuras 33 e 34, apresentando uma correlação direta com a entalpia máxima do ar ambiente de 0,925 para as primíparas e para as múltiparas de 0,682.

Tabela 21. Frequência de ocorrência dos comportamentos isolados para os grupos de animais, criadas em um galpão de *compost barn*, no verão

Comportamentos	Primíparas (%)	EP	Múltíparas (%)	EP	p-valor
***OP	18,47 A (776/4200**)	2,17	20,04 A (842/4200)	2,32	0,6288 NS
***OD	19,48 B (818/4200)	1,54	26,57 A (1116/4200)	1,75	0,0089*
***RP	10,91 A (458/4200)	1,46	7,90 A (332/4200)	0,75	0,0979 NS
***RD	21,59 A (907/4200)	1,53	17,77 A (746/4200)	1,73	0,1216 NS
***Co	23,90 A (1004/4200)	1,48	22,91 A (962/4200)	2,14	0,7096 NS
***IA	2,07 A (87/4200)	0,40	1,20 A (50/4200)	0,24	0,0859 NS
***A	1,94 A (81/4200)	0,20	1,92 A (81/4200)	0,21	0,9429 NS
***L	0,99 A (42/4200)	0,20	0,76 A (32/4200)	0,21	0,4383 NS
***P	0,00 A (0/4200)	0	0,00 A (0/4200)	0	-
***Ca	0,36 A (15/4200)	0,24	0,21 A (9/4200)	0,16	0,6042 NS
***E	0,17 A (7/4200)	0,12	0,00 A (0/4200)	0	-
***BC	0,00 A (0/4200)	0	0,00 A (0/4200)	0	-
***O	0,07 B (3/4200)	0,07	0,69 A (29/4200)	0,25	0,0495*

Médias com letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem entre si a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t. NS - Não significativo; *Significativo a 0,05 ($P < 0,05$); EP - Erro padrão da média.

** Valor referente ao total de observações feitas durante o experimento pelo total de observações daquele determinado comportamento.

*** OP - ócio em pé, OD - ócio deitado, RP - ruminando em pé, RD - Ruminando deitado, Co - Comendo, IA - Ingerindo água, A - Andando, L - lambendo, BC - Brincando com a cama, Ca - Cabeçada, E - Empurrar, P- Perseguição, O - ofegação.

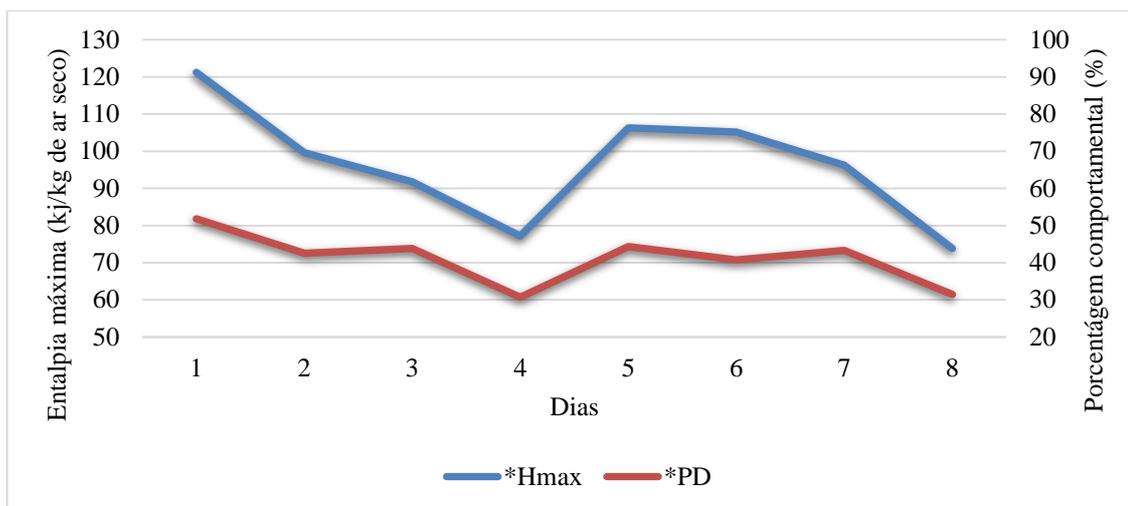


Figura 33. Correlação entre variável comportamental deitar com a entalpia máxima do ambiente interno do *compost barn*, no verão para os animais primíparas
* Hmax. - Entalpia máxima; PD - Primíparas deitado.

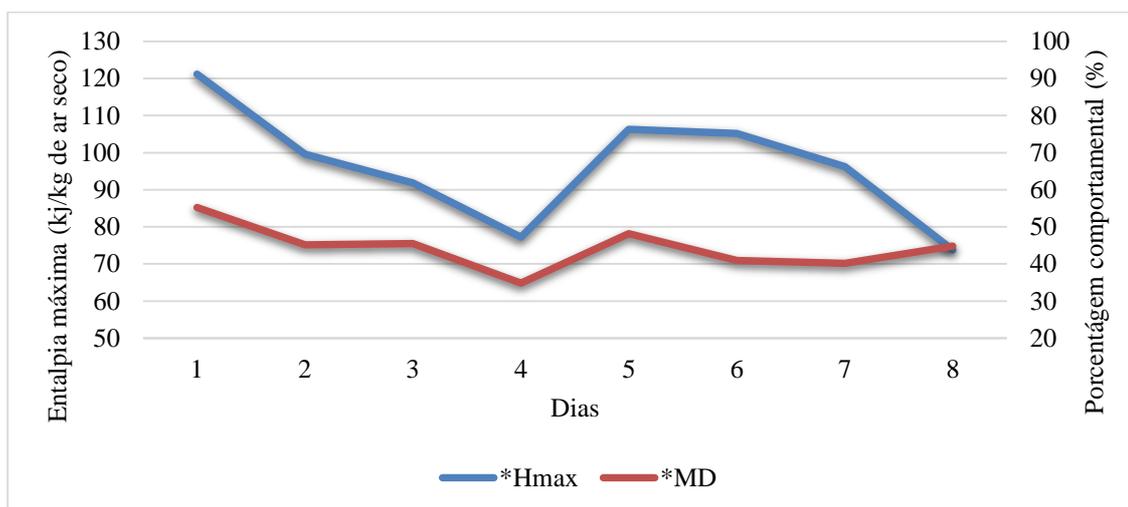


Figura 34. Correlação entre variável comportamental deitar com a entalpia máxima do ambiente interno do *compost barn*, no verão para os animais múltiparas
* Hmax. - Entalpia máxima; MD - Múltiparas deitado.

Nessa mesma linha de pensamento, deve-se considerar que quando o animal está deitado, em geral está procurando uma forma de trocar calor com o meio (cama), esse comportamento foi observado quando a quantidade de calor no ambiente foi maior ($>H$), caracterizando num desconforto térmico. Por outro lado, quando se observa nos dias, quando há uma redução na entalpia ($<H$) verifica-se também uma redução na posição deitada, ou seja, aumento da posição em pé. Esse fato deixa evidente que quando o animal está em desconforto térmico ele tende a estar deitando trocando calor por condução que provavelmente será maior, que a troca de calor por convecção de quando está em pé, e não em condições de bem-estar como a maioria determina. Essa nossa constatação contraria as afirmações feitas por Fregonesi

e Leaver (2011), que determinaram que o comportamento de deitar são os mais observados em animais criados em sistemas CB, sendo este um indicativo de bem-estar. Também contrariam as informações geradas por Endres et al. (2007) que justificam o maior tempo dos animais deitados no CB pelo fato do sistema proporcionar uma superfície macia (cama) para o descanso e a realização de uma troca térmica (condução) com o ambiente mais eficaz.

Novamente na tabela 21, em relação ao comportamento de ruminar ser mais presente com os animais deitados em comparação à posição em pé, em ambos os grupos avaliados, isso pode ser explicado de acordo com Broom e Fraser (2010), na qual determinaram que bovinos tendem a preferir a posição deitado para realizar a ruminação.

Com relação aos comportamentos considerados negativos, que podem ser observados em episódios de disputas por espaço ou hierarquia em grupos de animais, tais como: cabeçada (Ca), empurrar (E), perseguição (P), estes foram pouco observados em ambos os grupos avaliados (tabela 21). Pode-se justificar tais dados com Sárová et al. (2013), que determinam que a hierarquia em bovinos leiteiros é dada pela idade e peso, e devido os animais estarem divididos em lotes por peso (kg), parição e produção de leite (kg), tais fatores podem ter auxiliado nesses resultados. Pode ser justificado também devido a taxa de lotação animal estar adequada, e conforme Paranhos da Costa e Costa e Silva (2007), caso esta variável não esteja adequada pode influenciar no aparecimento de comportamentos agressivos. As médias apresentadas referentes aos comportamentos de cabeçada e de empurrar, encontrados no respectivo trabalho, estiveram abaixo dos revelados por Barberg et al. (2007), que encontraram valores de 1,4% e 0,94%, respectivamente, para estes comportamentos.

Deve-se considerar que avaliar os comportamentos dos animais, é uma tarefa difícil de realizar por se tratar de uma observação multifatorial, que deve ser controlada para as devidas comparações e conclusões. Muitos autores relatam comportamentos realizados de forma diferenciada, ou seja, animal focal ou método de varredura, porém, esses resultados não podem ser comparados igualmente. Da mesma forma quando se trata de períodos de observação, durante intervalos diferentes, como hábitos diurnos, noturno no qual não se pode concluir conjuntamente.

Durante a avaliação dessa pesquisa percebemos que o comportamento muitas vezes executado pelo animal, não se trata simplesmente de uma busca pela melhor condição de bem-estar animal, mas por uma autodefesa do organismo em manter o equilíbrio térmico, usando então as possibilidades existentes, como cama, sombra, ingestão de água dentre outras para a redução do estresse.

5.3.2. Avaliação da integridade física dos animais em sistema *compost barn*

5.3.2.1. Claudicação

Segundo Broom e Fraser (2010), dentre os problemas que acometem os rebanhos leiteiros, a claudicação é citada como um dos principais, juntamente com os quadros de mastite, sendo uma importante variável a ser estudada. Na figura 35 são apresentados os valores referentes a claudicação para ambos os grupos (primíparas e múltíparas) estudados, havendo diferença significativa ($p < 0,05$) entre eles para os escores 1, 2, 3 e 4, com nenhum dos grupos apresentando um escore classificado como 5, sendo este o grau mais grave para este parâmetro.

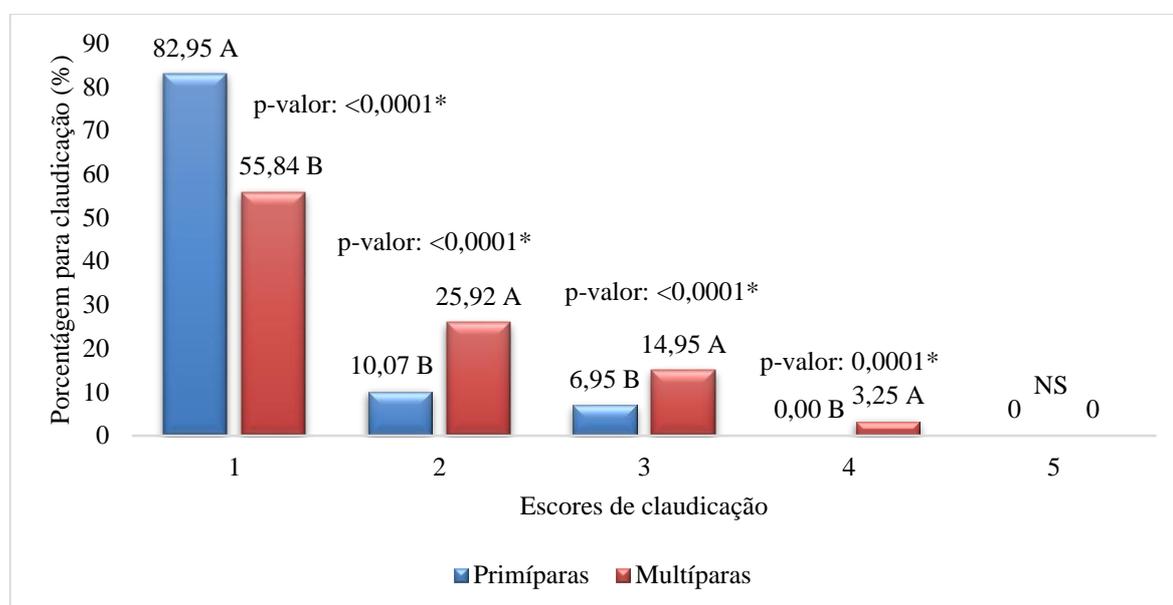


Figura 35. Variável claudicação dos animais criados em sistema *compost barn*, no verão. Médias com letras maiúsculas diferentes entre as barras diferem entre si a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t. NS - Não significativo; *Significativo a 0,05 ($P < 0,05$).

No geral, pode-se observar que, em ambos os grupos, a grande maioria dos animais se enquadraram em um escore 1 de claudicação, considerado bom, sendo 82,95% para as primíparas e 55,84% para as múltíparas (figura 35). Tais valores foram próximos aos encontrados por Adams et al. (2017), em um estudo feito com 191 propriedades leiteiras que utilizam o CB, demonstraram que cerca de 90,4% dos rebanhos apresentaram escore 1 de claudicação. Com relação aos outros escores apresentados, os mesmos estiveram próximos aos encontrados por Burgstaller et al. (2016), cujo trabalho realizado em 5 fazendas que utilizam o CB, demonstrou que apenas 18,7% do rebanho se enquadravam em um quadro de claudicação classificado como escore 3.

Nota-se que os animais múltiparos apresentaram valores claudicação piores se comparados com os primíparas, uma vez que, os escores que já são considerados como relevantes e que acabam revelando um certo grau de lesão na região dos membros locomotores dos animais, sendo estes os escores 3 e 4, foram mais elevados (figura 35). Este comportamento dos dados pode ser explicado por diversos fatores, dentre eles a idade dos animais, pois, segundo Manske, Hultgren e Bergsten (2002), animais mais velhos demonstram ter até 2 vezes mais susceptibilidade para a claudicação; o fator nutricional, que, de acordo com a European Food Safety Authority (EFSA) (2009), devido aos animais múltiparos tenderem a consumir uma maior quantidade de concentrado, isso acarreta uma maior predisposição na formação de lesões nos cascos dos animais. Segundo Cook e Nordlund (2009), pela pressão que o casco exerce no solo durante o caminhar dos animais, e devido a estes animais serem mais pesados, acaba facilitando o aparecimento de quadros desta doença.

Comparando os dados obtidos nesse estudo de caso, cuja porcentagem de escores de claudicação já considerados preocupante, que é o de grau 3, atingiu valores de 6,95 % e 14,95 % para as primíparas e múltiparas, respectivamente, com os obtidos na literatura em outros sistemas, o CB destacou-se positivamente (figura 35). Tais informações são procedentes pois autores como Costa et al. (2017) e Cook e Nordlund (2009) encontraram valores em porcentagem bem acima para claudicação em sistema *Free-stall* (FS) de 22,2% e 27,8 %, respectivamente. Os autores justificam a vantagem do CB em relação ao FS devido ao mesmo proporcionar uma superfície (cama) mais macia para o animal se locomover, prevenindo o aparecimento de lesões nos cascos dos animais, porém tal vantagem só é alcançada se houver um manejo correto do sistema.

5.3.2.2. Sujidade

Na figura 36 são apresentados os valores referentes à variável sujidade para ambos os grupos estudados, havendo diferença significativa ($p < 0,05$) entre os animais (primíparas e múltiparas) apenas para o escore 2, com nenhum dos grupos apresentando um escore classificado como 4, sendo este o valor mais grave desta variável. No quadro geral pode-se observar que a grande maioria dos animais avaliados, em ambos os grupos, apresentaram escore 1 de sujidade, seguido pelos escores 2 e 3, com as primíparas demonstrando um grau de sujidade maior (figura 36).

Estes dados corroboram os encontrados pelo estudo de Eckelkamp et al. (2016), no qual os animais estudados se mantiveram limpos ao longo das avaliações, sendo os escores 1 e 2 os

de maior representatividade. Confirmam também os resultados encontrados por pesquisa de Pilatti et al. (2019), na qual, entre os grupos avaliados, as primíparas apresentaram médias de escore de limpeza piores que as múltiparas, justificado pelo maior movimento das primíparas no galpão, porém, não apresentando animais que se enquadrassem no escore 3 de sujidade.

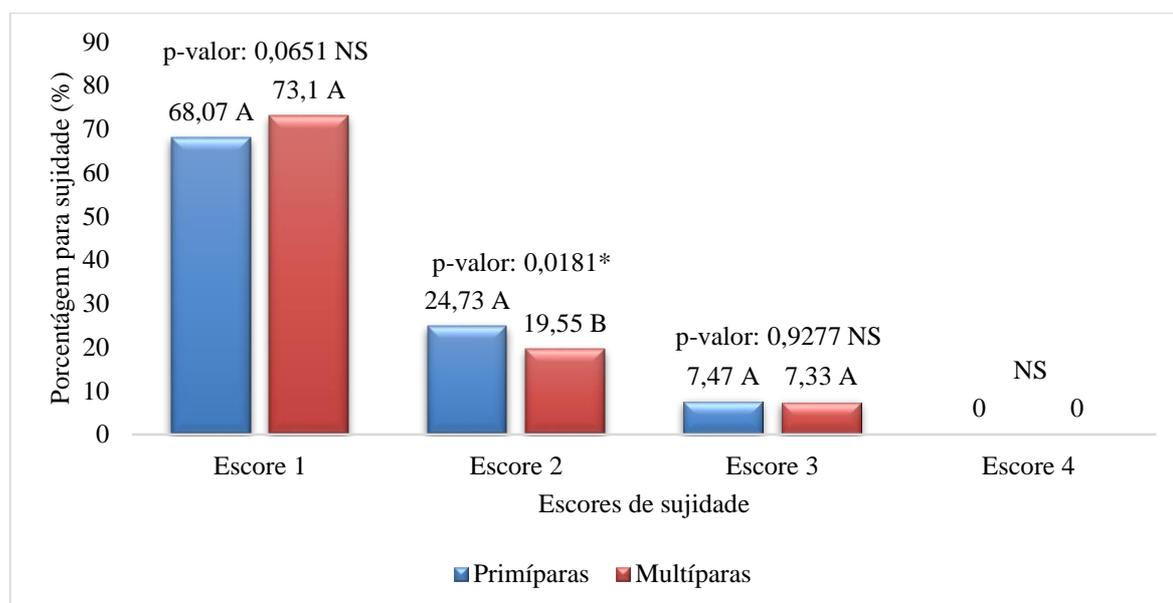


Figura 36. Variável sujidade dos animais criados em sistema *compost barn*, no verão. Médias com letras maiúsculas diferentes entre as barras diferem entre si a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t. NS - Não significativo; *Significativo a 0,05 ($P < 0,05$).

O fato das primíparas terem apresentado um escore 2 de sujidade mais elevado que as múltiparas pode ser justificado pelo local em que estes animais eram expostos na cama de CB, uma vez que, neste caso específico o lote ficava na região em que a chuva, devido ao sentido que o galpão foi construído (norte-sul), atingia diretamente a cama, fazendo com que o material do composto ficasse mais úmido e conseqüentemente aumentasse a sujidade dos animais, portanto mascarando um pouco esses resultados. Corroborando esta justificativa, Lobbeck et al. (2012), em um estudo comparativo com três sistemas de criação, FS com ventilação natural-NV, FS com ventilação cruzada-CV e o sistema de CB, demonstraram que o CB apresentou um índice de sujidade pior, principalmente devido ao período das avaliações ter sido no inverno e, como consequência, a cama estar mais úmida.

O manejo com a cama de CB e sua relação com a limpeza e a sanidade dos animais são de extrema relevância, pois, Eckelkamp et al. (2016), em um estudo realizado no estado de Kentucky, citaram que a umidade da cama foi um fator preditor significativo ($p < 0,01$) nos escores de limpeza dos animais em sistema CB. Vale citar que baixos escores de sujidade em rebanhos leiteiros, como os encontrados neste trabalho, são alguns dos indicativos de que o

ambiente é capaz de proporcionar bem-estar aos animais (WELFARE QUALITY, 2009), quando se considera essa variável.

Em rebanhos leiteiros cuja maioria dos animais apresentem escores 3 ou 4 de sujeidade, segundo Fávero et al. (2015), Black et al. (2014) e Schreiner e Ruegg (2003), os bovinos demonstram ser 1,5 vezes mais propensos ao desenvolvimento de doenças, principalmente a mastite subclínica, devido ao maior contato da região do úbere com possíveis patógenos clínicos de importância presentes na cama, sendo os mais comumente encontrados os *Coliformes spp.*, *Escherichia coli*, *Streptococo spp.*, *Estafilococos spp.* e *Bacillus spp.*

5.3.3. Avaliação da produção de leite dos animais em sistema compost barn

Na tabela 22 são apresentados os valores médios referentes à produção de leite durante os três horários de ordenha, para os grupos de animais (primíparas e multíparas) selecionados. Dentre as três ordenhas avaliadas, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos de animais apenas para os horários das 04h às 06h e 12h às 14h, com as multíparas apresentando uma maior produção em ambos os horários (tabela 22).

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) para a produção de leite em ambos os grupos estudados, avaliando o conjunto dos três horários de ordenha, sendo que, para os animais primíparas, a produção foi de 29,73 kg leite/dia e, para os animais multíparas, a produção foi de 31,16kg leite/dia (tabela 22).

Tal resultado pode ser explicado, pois vacas multíparas são animais que, além de consumirem uma maior quantidade de alimento gerando uma maior quantidade de energia, sendo boa parte destinada à produção do leite a partir das glândulas mamárias, passaram por uma quantidade maior de gestações e partos, influenciando em um maior desenvolvimento do aparelho mamário, bem como um aumento na capacidade de armazenamento de leite pelas cisternas da glândula e do teto dos animais (RANGEL et al., 2009; REECE, 2007; SANTOS; FONSECA, 2006, MATTOS, 2004).

Tabela 22. Variáveis produtivas (kg/leite) dos animais em diferentes horários de ordenha, no verão

Animais	Horário	Leite (kg)	Erro padrão da média	p-valor
Primíparas	04 - 06	10,51 B	0,10	<0,0001*
Multíparas		11,18 A	0,11	
Primíparas	12 - 14	10,07 B	0,11	0,0023*
Multíparas		10,42 A	0,13	
Primíparas	19 - 21	9,10 A	0,11	0,2704 NS
Multíparas		9,29 A	0,12	
Primíparas	Geral	29,73 B	0,23	<0,0001*
Multíparas		31,16 A	0,23	

Médias com letras diferentes maiúsculas na coluna diferem entre si a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t. NS - Não significativo, *Significativo a 0,05 ($P < 0,05$).

Na figura 37 são demonstrados os dados produtivos ao longo da pesquisa, como também os valores para a entalpia média do ambiente externo do galpão.

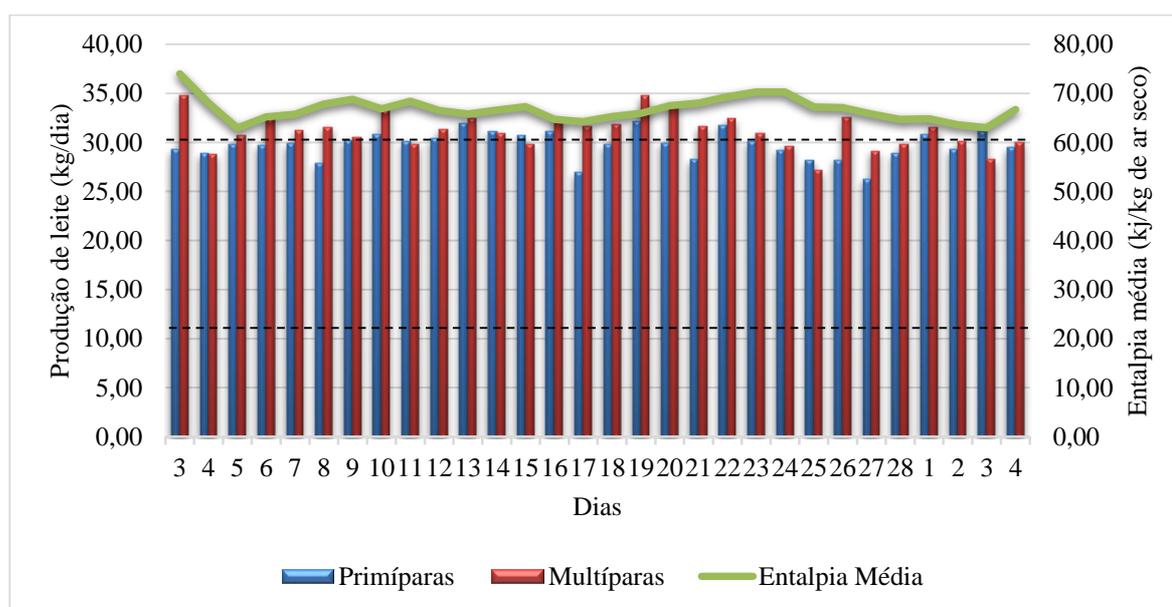


Figura 37. Valores médios de produção de leite de ambos os grupos de animais e os valores médios de entalpia específica do ar, no verão

* linhas tracejadas em negrito delimitam a faixa ideal da variável estudada para a espécie

Verifica-se que os animais durante todo o período produziram em uma condição de desafio, pois considerando a quantidade de calor existente no ambiente externo do galpão de CB, nota-se que os valores estiveram muito acima da faixa ideal (figura 37). De acordo com Tabelas de Entalpia do Nupea (2019) e Garcia (2017) as faixas ideais são: ideal mínima (21,1 kJ/kg⁻¹), ideal máxima (61,9 kJ/kg⁻¹).

Utilizou-se a variável psicrométrica entalpia pelo fato da mesma expressar a quantidade de calor existente na camada de ar seco em um determinado local e considerar em sua

modelagem matemática as variáveis climáticas de fácil obtenção (temperatura de bulbo seco e umidade relativa), bem como a pressão barométrica do local, sendo o modelo proposto por Rodrigues et al. (2011) o mais recomendada para aferir se o sistema em específico é capaz de proporcionar uma faixa ambiente (clima) ideal para a espécie estudada.

Quando se considera os dias de maior desconforto ($>H$), que nesse caso foram dias 23, 24 e 25, a produção de leite em ambos os grupos de animais teve uma queda em relação aos dias de menor entalpia (figura 37). A quantidade de calor existente em um sistema CB influencia diretamente na produção. Segundo Ammer et al. (2017), Schuller, Burfeind e Heuwer (2014), Almeida et al. (2013), Pinarelli (2003), Titto (1998), dentre os diversos fatores que podem ocasionar queda na produção de leite dos bovinos leiteiros, o estresse térmico é bastante participativo, principalmente devido o animal em quadros de hipertermia apresentar dificuldades na dissipação de calor corporal, tendo que lançar mão sobre alterações adaptativas como queda na ingestão de alimentos, a fim de diminuir a produção de calor metabólico, porém, gerando menor energia destinada para a produção de leite. Esse fato conseqüentemente afetará o comportamento animal, já discutido anteriormente, seu tempo dispendido em pé ou deitado como forma de melhorar as trocas de calor no meio em que está inserido.

Mesmo com uma grande influência do fator ambiente (clima) sobre a produção de leite, segundo um levantamento de dados provenientes de 391 rebanhos compostos por animais da raça Girolando no ano de 2016 disponibilizados pela Embrapa Gado de Leite, a produção média para animais múltiparos em 305 dias foi de 5.445 kg de leite, sendo por dia uma produção estimada de 17,85kg de leite, demonstrando que o rebanho da propriedade estudada apresenta uma produção mais elevada (EMBRAPA GADO DE LEITE, 2019).

5.4. Conclusão

Com relação à avaliação comportamental dos animais criados no *compost barn* estudado, ambos os grupos (primíparas e múltiparas) apresentaram comportamentos semelhantes ao longo das avaliações, diferindo entre os grupos apenas para as variáveis ócio deitado e ofegação. Os animais se mantiveram predominante na posição em pé, em comparação com a posição deitado. A posição deitada, tanto em ócio como ruminado foi um indicativo da tentativa do animal em perder calor com o meio (cama) devido a quantidade de calor no ambiente estar elevada. O comportamento deitado externou o desconforto térmico dos animais no ambiente de CB estudado.

Em relação a integridade física dos animais, os aspectos de suidade e claudicação, o CB foi capaz de proporcionar aos animais um ambiente adequado, uma vez que, os bovinos demonstraram em sua maioria escores considerados adequados para a espécie.

Os valores registrados da produção de leite, quando comparados com a média nacional para a espécie estudada, foram adequados, porém, ficou evidente que os animais produziram em uma condição de desafio durante todo o período, uma vez que, a quantidade de calor existente no ambiente externo do CB esteve muito acima da faixa ideal. Verificou-se que nos dias de maior desconforto térmico houve uma redução na produção de leite.

O sistema CB não forneceu um ambiente capaz de proporcionar um ambiente térmico aos animais, porém com relação a integridade física considerando a claudicação e suidade, apresentou escores indicativos de bem-estar animal.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, A. E. et al. Associations between housing and management practices and the prevalence of lameness, hock lesions, and thin cows on US dairy operations. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 3, p. 2119-2136, 2017.
- ALMEIDA, G. L. P. et al. Comportamento, produção e qualidade do leite de vacas Holandês-Gir com climatização no curral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 892- 899, 2013.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMMER, S. et al. Impact of diet composition and temperature-humidity index on water and dry matter intake of high-yielding dairy cows. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, 2017.
- ASTIZ, S. et al. Enhanced udder health and milk yield of dairy cattle on compost bedding systems during the dry period: a comparative study. **Livestock Science**, v. 159, p. 161-164, 2014.
- BARBERG, A. E.; ENDRES, M. I.; JANNI, K. A. Compost dairy barns in Minnesota: a descriptive study. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 23, n. 2, p. 231-238, 2007.
- BARBERG, A. E. et al. Performance and Welfare of Dairy Cows in an Alternative Housing System in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 3, p. 1575-1583, 2007.
- BILBY, T. R. et al. Estratégias farmacológicas, nutricionais e de manejo para aumentar a fertilidade de vacas leiteiras sob estresse térmico. In: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 13, 2009, Uberlândia, MG. **Anais [...]**. Uberlândia: 2009, p. 59-71.
- BLACK, R. A. et al. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, p. 8060-8074, 2013.
- BLACK, R. A. et al. The relationship between compost bedded pack performance, management, and bacterial counts. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 2669-2679, 2014.
- BROOM, D.M.; FRASER, A.F. **Comportamento e bem-estar de animais domésticos**. 4 ed., São Paulo: Manole, 2010.
- BURGSTALLER, J. et al. Claw health and prevalence of lameness in cows from compost bedded and cubicle freestall dairy barns in Austria. **Veterinary Journal**, v. 216, p. 81-86, 2016.
- CECHIN, D. et al. Avaliação de diferentes materiais para recobrimento de camas em baias de galpão modelo free-stall. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 109-115, 2014.

CHAPLIN, S. J. et al. An evaluation of mattresses and mats in two dairy units. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 66, n. 4, p. 263-272, 2000.

COOK, N. B.; REINEMANN, D. J. A. **Tool Box for Assessing Cow, Udder and Teat Hygiene Tools to Assess Udder Contamination**. n. Julho, 2007.

COSTA, J. H. C. et al. Prevalence of lameness and leg lesions of lactating dairy cows housed in southern Brazil: effects of housing systems. **Journal of Dairy Science**, v. 101, 2017.

DAMASCENO, F. A. **Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model**. 2012. 404 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa – MG, Viçosa, 2012.

ECKELKAMP, E. A. **Compost bedded pack barns for dairy cattle: bedding performance and mastitis as compafreestalls**. Dissertation (Master's Degree of Science) - College of Agriculture, Food, and Environmentat the University of Kentucky, Lexington, 2014.

ECKELKAMP, E. A. et al. Sand bedded freestall and compost bedded pack effects on cow hygiene, locomotion, and mastitis indicators. **Livestock Science**, v. 190, p. 48-57, 2016.

EMBRAPA. GADO DE LEITE. **Anuário Leite 2019**. Juiz de Fora 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gado-de-leite>. Acesso em: 11 Dez. 2019.

ENDRES, M. I.; BARBERG, A. E. Behavior of Dairy Cows in an Alternative Bedded-Pack Housing System. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 4192-4200, 2007.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). Saponins in Madhuca Longifolia as undesirable substances in animal feed. **EFSA Journal**, v. 7, n. 2, p. 1-36, 2009.

FÁVERO, S. et al. Factors associated with mastitis epidemiologic indexes, animal hygiene, and bulk milk bacterial concentrations in dairy herds housed on compost bedding. **Livestock Science**, v. 181, p. 220-230, 2015.

FREGONESI, J. A; LEAVER, J. D. Behaviour, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in strawyard or cubicle systems. **Livestock Production Science**, v. 68, n. 2-3, p. 205-216, 2001.

GARCIA, P. R. **Galpão freestall com sistema de resfriamento evaporativo e ventilação cruzada: desempenho térmico, zootécnico e o nível de bem-estar animal**. 2017, 149 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Piracicaba (SP), 2017.

LOBECK, K. M. et al. Environmental characteristics and bacterial counts in bedding and milk bulk tank of low profile cross ventilated, naturally ventilated, and compost bedded pack dairy barns. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 28, n. 1. p. 117-128, 2012.

MANSKE, T.; HULTGREN, J.; BERGSTEN, C. Topical treatment of digital dermatitis associated with severe heel-horn erosion in a Swedish dairy herd. **Preventive Veterinary Medicine**, Amsterdam, v. 53, p. 215-231, 2002.

- MATTOS, W. R. S. Limites da eficiência alimentar em bovinos leiteiros. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA (SBZ), 2004, Campo Grande. **Anais** [...]. Campo Grande – MT, p. 239-247, 2004.
- MORAES, J. B. **Termorregulação e adaptabilidade climática de caprinos no semiárido piauiense**. 2010. 46 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.
- NÚCLEO DE PESQUISA EM AMBIÊNCIA (NUPEA). **Tabelas práticas de entalpia**. 2019 Disponível em: <http://www.nupea.esalq.usp.br/tabelas-de-entalpia>. Acesso em: 02 nov. 2019.
- OFNER-SCHRÖCK, E. et al. Compost barns for dairy cows - Aspects of animal welfare. **Open Journal of Animal Sciences**, v. 05, n. 02, p. 124-131, 2015.
- PARANHOS DA COSTA, M. J. R.; COSTA E SILVA, E. V. D. Aspectos básicos do comportamento social de bovinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.31, n.2, p.172-176. 2007.
- PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados/Evaluation of thermal comfort in dairy cattle using data mining. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 1, n. 2, p. 117-126, 2007.
- PILATTI, J. A. et al. Diurnal behaviors and herd characteristics of dairy cows housed in a compost-bedded pack barn system under hot and humid conditions. **Animal**, v. 13, n. 2, p. 399-406, 2019.
- PINARELLI, C. The effect of heat stress on milk yield. **Latte**, Milan, v. 28, p. 36-38, 2003.
- RANGEL A. H. N. et al. Desempenho produtivo leiteiro de guzerá. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, p. 85-89, 2009.
- REECE, W. O. In: DUKES, H. H. **Fisiologia dos animais domésticos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S. A., p. 946, 2007.
- REECE, W. O. Respiração nos mamíferos. In: DUKES, H. H. **Fisiologia dos animais domésticos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S. A., cap. 7, p. 897-908, 2006.
- RODRIGUES, V. C. et al. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **International Journal of Biometeorology**, v. 55, p. 455-459, 2011.
- SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L. **Estratégias para controle de mastite e melhoria da qualidade do leite**. Barueri: Manole, p. 314, 2006.
- SÁROVÁ, R. et al. Pay respect to the elders: age, more than body mass, determines dominance in female beef cattle. **Animal Behaviour**, v.86, p.1315-1323, 2013.
- SCHREINER, D. A.; P. L. RUEGG. Relationship between under and leg hygiene scores and subclinical mastitis. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 3460-3465, 2003.

SCHULLER, L. K.; BURFEIND, O.; HEUWISER, W. Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature-humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. **Theriogenology**, v. 81, p. 1050-1057, 2014.

SPRECHER, D. J.; HOSTETLER, D. E.; KANEENE, J. B. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. **Theriogenology**, v. 47, p. 1167-1179, 1997.

TITTO, E. A. L. Clima: Influência na produção de leite. **Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite**, v. 1, p. 10-23, 1998.

WELFARE QUALITY. **Welfare Quality Assessment Protocol for Cattle**. Welfare Quality, Lelystad, the Netherlands. 2009.

6. CONCLUSÕES FINAIS

Com relação aos resultados obtidos referente as análises da qualidade e eficiência da cama de casca de arroz quanto ao processo de compostagem, pode-se dizer que o mesmo esteve dentro dos padrões para a variável umidade da cama. Para a variável temperatura superficial a mesma esteve abaixo da temperatura do ar ambiente interno do galpão, possibilitando uma superfície para que o animal realizasse a troca térmica (condução) com o meio. Porém devido ao manejo possivelmente errôneo realizado com a cama na propriedade a temperatura interna não foi suficiente para manter uma boa compostagem do material.

Referente aos valores para a caracterização do ambiente interno e externo do *compost barn* estudado, as variáveis temperatura do ar, índice de temperatura e umidade, entalpia, velocidade do vento e ruído foram mais elevados no ambiente interno se comparados ao ambiente externo. A quantidade de calor no ambiente interno como sendo um elemento importante para a ambiência dos animais, foi desconfortável, considerando que frequência respiratória dos bovinos foi classificada como estando em estresse térmico médio. O sistema de ventilação, não foi eficiente para proporcionar conforto aos animais, considerando também a variável frequência respiratória, e os valores de temperatura superficial dos animais se mantiveram dentro dos padrões adequados.

Com relação aos aspectos da integridade física dos animais (sujidade e claudicação), o *compost barn* foi capaz de proporcionar um ambiente adequado, uma vez que os animais apresentaram em sua maior parte escores considerados adequados para a espécie. Para a produção de leite, os valores foram acima da média nacional para a espécie, porém os animais produziram ao longo do período de avaliações em condições de desafio térmico. Nas avaliações comportamentais os animais se mantiveram na posição em pé, em uma maior quantidade de tempo se comparada com a posição deitado, com a posição deitado sendo um indicativo do animal tentar perder calor com o meio (cama) devido a quantidade de calor no ambiente estar elevada.

Deve-se considerar que devido à recente implantação do sistema *compost barn* no Brasil, e a necessidade cada vez maior de estudos de casos com diferentes sistemas em diferentes regiões brasileiras, bem como comparações de tipos de materiais de cama e análises de sua eficiência energética e desempenho ao longo do tempo, trabalhos como este sempre serão relevantes a fim de facilitar na tomada de decisão dos produtores rurais sobre a implantação e o manejo deste sistema em sua propriedade. Precisamos de dados nacionais, para

evitarmos a importação de resultados que nem sempre refletem a realidade brasileira devido ao nosso clima, e a tecnologia rural adotada em nossas produções leiteiras.