UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

WENDELL SILVA DOS SANTOS

BEM-ESTAR DE VACAS GIROLANDO EM CONFINAMENTO TIPO COMPOST BARN

ALEGRE

ESPRITO SANTO

2025

WENDELL SILVA DOS SANTOS

BEM-ESTAR DE VACAS GIROLANDO EM CONFINAMENTO TIPO COMPOST BARN

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Gercílio Alves de Almeida Júnior

ALEGRE

ESPÍRITO SANTO

2025

WENDELL SILVA DOS SANTOS

BEM-ESTAR DE VACAS GIROLANDO EM CONFINAMENTO TIPO COMPOST BARN

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Aprovado em 27 de agosto de 2025

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
GERCILIO ALVES DE ALMEIDA JUNIOR
Data: 03/09/2025 20:41:31-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Gercílio Alves de Almeida Júnior
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Documento assinado digitalmente
ISMAIL RAMALHO HADDADE
Data: 04/09/2025 15:00:00-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Ismail Ramalho Haddade
Instituto Federal do Espírito Santo

Documento assinado digitalmente
FILIPE BARBOSA MARTINS
Data: 05/09/2025 09:47:26-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Zootecnista Filipe Barbosa Martins
Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me abençoar constantemente, por me conceder saúde e pela força de vontade que Ele me dá para superar os desafios que a vida impõe. Sou imensamente grato à minha avó Marly e à minha mãe Ana Paula, que, em muitas ocasiões, se ajoelharam em oração, pedindo a Deus pela minha saúde mental e equilíbrio para seguir em frente. Agradeço também à minha madrinha Aninha, que, mesmo à distância, sempre me envolveu com o conforto das suas orações. A meu tio Robério, que, com dedicação, esteve ao meu lado, especialmente nas tarefas mais árduas, como o cuidado do gado.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão aos meus familiares da família Borges, que, embora não de sangue, sempre me trataram com o carinho e a preocupação de verdadeiros parentes. Em especial, agradeço ao tio Paulo, que, com tanto cuidado e generosidade, sempre se dispôs a ir até minha casa nos domingos para me dar carona até Bom Jesus. Agradeço também à minha segunda família de Vila Velha, que esteve ao meu lado com apoio incondicional, carinho e incentivo, sempre me ajudando a seguir em frente. A todos esses, que fizeram parte de cada etapa dessa jornada, sou imensamente grato por todo o amor, acolhimento e força que me proporcionaram. Cada um de vocês foi fundamental para que eu chegasse até aqui, e sou eternamente grato por todo o apoio.

É com profundo respeito e gratidão que dedico um agradecimento especial às pessoas que, embora não estejam mais fisicamente entre nós. À minha tia Arlete, que sempre me apoiou em meus estudos com amor e dedicação, e ao Sr. Artur de Souza, que sempre acreditou no meu potencial e me incentivou a seguir em frente. Recordo com carinho uma frase dele: “Se existisse um político correto, esse menino seria um”. Agradeço por cada ensinamento, por cada gesto de carinho e por todo o apoio que recebi, mesmo após sua partida. Seus legados continuam vivos em mim, e sou eternamente grato por tudo o que fizeram em minha jornada.

Aos meus amigos, que não são poucos, quero expressar minha imensa gratidão por todos os risos, palavras de motivação e gestos de amizade que tornaram minha graduação muito mais leve e alegre. Cada momento ao lado de vocês foi fundamental para superar os desafios do dia a dia acadêmico. Agradeço

especialmente ao meu quarteto (QI aproximadamente 7), Alice, Maria Clara e Thaís, muito obrigado por tudo, com união e companheirismo, sempre esteve junto, desde a realização das atividades mais simples até os desafios mais difíceis da graduação. Não posso deixar de agradecer também ao 'Three', formado por Ayla e Elen, que, além de sempre me proporcionarem boas fofocas, se dedicavam de forma exemplar aos estudos, mostrando que, com comprometimento, o trio conseguia equilibrar trabalho e diversão. E, claro, agradeço aos meus amigos Anízio, João Victor, Leonardo, Jeovane, Rodrigo, Gabriela, Fernanda e tantos outros que a universidade me deu a oportunidade de conhecer. Cada um de vocês desempenhou um papel essencial em minha jornada, seja com palavras de encorajamento, seja com simples gestos de apoio. Sou eternamente grato pela amizade e pelo carinho que me proporcionaram, e por sua presença constante que me ajudou a chegar até aqui.

Gostaria de expressar minha imensa gratidão aos meus professores, Walter Amaral, Gercílio Almeida, Marco Túlio Almeida, e a todos os demais docentes do Departamento de Zootecnia. Agradeço profundamente por todo o conhecimento compartilhado, pela dedicação incansável e, principalmente, pela inspiração que cada um de vocês proporcionou. Cada aula foi uma oportunidade de aprendizado, e cada ensinamento se refletiu diretamente na minha trajetória acadêmica. Vocês não apenas transmitiram conteúdo, mas também me motivaram a buscar sempre mais e a acreditar no poder da educação. Obrigado por acreditarem no meu potencial e por contribuírem significativamente para a minha formação. Chegou ao fim um ciclo repleto de risos, lágrimas, felicidades e frustrações. Com muito carinho, dedico este trabalho a todos que fizeram parte dessa etapa da minha vida. Agradeço a Deus por ter iluminado o meu caminho e por me dar forças para seguir em frente. Agradeço também aos meus pais, Marly e Ana Paula, por todo o amor, apoio e sacrifícios que tornaram possível a realização deste sonho.

RESUMO

Por início do presente estudo avaliou-se o bem-estar de vacas Girolando mantidas em sistema de confinamento tipo Compost Barn, no município de Alegre-ES, entre julho de 2022 e junho de 2023. O objetivo foi analisar variáveis ambientais e fisiológicas relacionadas ao conforto térmico e à saúde dos animais. Foram monitoradas temperatura e umidade do ar, temperatura de globo negro, velocidade do vento, além de variáveis fisiológicas como frequência respiratória, temperatura corporal superficial, escore de condição corporal, locomoção e higiene. Os resultados indicaram que, nos meses mais frescos, o sistema proporcionou condições adequadas de conforto, com temperaturas de globo abaixo de 24 °C e frequência respiratória dentro da faixa ideal (24 a 36 mov/min). Contudo, nos meses mais quentes, especialmente entre dezembro e fevereiro, observou-se elevação da umidade relativa e da temperatura ambiente, ultrapassando limites recomendados e ocasionando estresse térmico, evidenciado pelo aumento da frequência respiratória (24 a 36 mov/min). e da temperatura corporal (abaixo de 37,0°C a 39,3°C) . A ventilação foi identificada como fator crítico, visto que lotes com maior eficiência de ventilação apresentaram melhores índices de conforto. O manejo da cama, por sua vez, manteve-se adequado, com teores de umidade dentro da faixa recomendada (40 a 65%). O sistema de *Compost Barn* representou uma alternativa eficiente para conciliar bem-estar animal, qual está associado a práticas de manejo ambiental adequadas.

Palavras-chave: Comportamento animal. Conforto animal. Vacas de leite.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....vii
LISTA DE FIGURAS viii
1. INTRODUÇÃO 1
1.1. A pecuária de leite no Brasil 1
1.2. Confinamento em compost barn 2
1.3. Bem-estar em confinamento compost barn.....3
2. OBJETIVOS 3
2.1. Objetivo geral 3
2.2. Objetivos específicos 4
3. REFERENCIAL TEÓRICO 4
3.1. Temperatura da cama 4
3.2. Umidade da cama 4
3.3. Ventilação.....5
3.4. Índice de conforto térmico. 5
3.5. Frequência respiratória 6
3.6. Temperatura corporal superficial 6
3.7. Escore condição corporal.....6
3.8. Escore de locomoção.....7
3.9. Escore de higiene.....8
3.10. Temperatura do ar e umidade em globo negro 9
4. MATERIAL E MÉTODOS 10
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 15
6. CONCLUSÕES 35
7. REFERÊNCIAS.....36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias, desvios padrão e Intervalo de confiança para média (μ±1δ) para as variáveis climáticas obtidas durante o estudo 16

Tabela 2. Médias, desvios padrão e Intervalo de confiança para média (μ±1δ) para as variáveis da cama dos animais obtidas durante o estudo 18

Tabela 3. Médias, desvios padrão e Intervalo de confiança para média (μ±1δ) para as variáveis fisiológicas dos animais obtidas durante o estudo 19

Tabela 4: Médias, desvios padrão e intervalo de confiança para média (μ±1δ) para as variáveis de índice de conforto e escores dos animais obtidos durante o estudo 21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Escore de locomoção 8
Figura 2. Escore de higiene 9
Figura 3. Índice de temperatura e umidade 10
Figura 4. Compost barn, Sítio Boa Esperança 10
Figura 5. Croqui do galpão 11
Figura 6. Esquemas de pontos de coletas de temperatura 12
Figura 7. Anemômetro 13
Figura 8. Pontos de mensuração da velocidade do vento. 13
Figura 9. Globo negro contento datalogger 14
Figura 10. Temperatura mensal de globo 23
Figura 11. Umidade relativa 24
Figura 12. Temperatura da cama 25
Figura 13. Umidade da cama 25
Figura 14. Velocidade do vento 26
Figura 15. Gráfico de frequência respiratória 27
Figura 16. Temperatura corporal superficial de vacas em compost barn 29
Figura 17. Índice de conforto 30
Figura 18. Gráfico biplot 31
Figura 19. Componente principal 1 33
Figura 20. Componente principal 2 35

1. INTRODUÇÃO

1.1. A pecuária de leite no Brasil

No Brasil, a cadeia produtiva do leite é uma das principais, sendo que em 2023 o País se posicionou como o quinto maior produtor mundial (DAIRY NEWS, 2024) com uma produção anual de 35,37 bilhões de litros (IBGE, 2023). Composta por cerca de 1,17 milhão de produtores, essa cadeia desempenha papel social e econômico de grande relevância, gerando empregos, fomentando o desenvolvimento regional e contribuindo para a segurança alimentar.

No estado do Espírito Santo, a produção de leite teve um acréscimo de 5,74% em 2023 em relação a 2022, se situando em 365,1 milhões de litros (IBGE, 2023). Esse aumento reflete os investimentos em tecnologia e manejo, além do aprimoramento da infraestrutura de produção e distribuição, especialmente nas regiões mais produtivas do Estado, como proposto pelo Programa de Desenvolvimento Sustentável da Cadeia do Leite, promovido pelo Governo do Estado, por meio da Secretaria da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (SEAG, 2024).

Um dos fatores importantes para se ter sucesso na pecuária leiteira é a escolha adequada do sistema de produção e a mesma está diretamente relacionada a fatores como área disponível para a atividade, capacidade de produção de alimentos, genética do rebanho, nível tecnológico na propriedade, disponibilidade de mão-de--obra e perfil do produtor. Esses elementos influenciam não apenas o tipo de manejo adotado, mas também a produtividade e a sustentabilidade da atividade. De modo geral, os sistemas produtivos são classificados em três categorias: sistema extensivo, semi-intensivo e intensivo, variando conforme o tipo de manejo, instalação, sanidade, fornecimento de ração, conservação, e principalmente pela área ocupada. (DAMASCENO, 2020).

O sistema extensivo é o mais predominante nas fazendas brasileiras e o mais rudimentar dentre todos, por causa do seu baixo nível de controle das variáveis que garantem o bem-estar animal. A vantagem desse sistema é o menor investimento. Porém a desvantagem é que é necessário grandes disponibilidades de área. No sistema semi-intensivo ocorre uma combinação do uso de pastagens com suplementação no cocho, geralmente nesse sistema usa-se piquetes rotacionados e

volumosos conservados, exigindo maior investimento e manejo (DAMASCENO, 2020).

Por último, tem-se o sistema intensivo, qual e medido pela relação entre a quantidade produzida e a quantidade do fator de produção. As relações mais utilizadas neste cálculo referem-se aos fatores terra e mão-de-obra. Em outras palavras, a intensificação do sistema de produção é definida em litros de leite/hectare utilizado na pecuária de leite e em litros de leite/dia-homem. Em geral, todo o sistema confinado é intensivo, mas nem todo intensivo é confinado (GOMES, 2004).

Os modelos existentes de instalações para o confinamento de vacas leiteiras são Tie-stall, Free-stall ou Compost Barn. Esse último modelo requer elevados investimentos em estrutura, nutrição e genética, mas permite maior controle zootécnico e maiores índices de produtividade, porem os nesse modelo os animais ficam animais ficam confinados durante o período de lactação, recebendo alimentação concentrada e volumosa. As vacas leiteiras são alimentadas no cocho. (DAMASCENO, 2020).

1.2. Confinamento em compost barn

A adoção de tecnologia e o uso de sistemas de produção intensivos em confinamento, como o compost barn, tornam-se cada vez mais importantes, uma vez que impactam na saúde dos animais e a sustentabilidade da produção leiteira (PEREZ, 2010).

O confinamento tipo compost barn tem ganhado destaque por reunir uma série de vantagens, como a promoção do conforto térmico e comportamental dos animais, o aumento da produção leiteira, maior controle, a melhoria da vitalidade das vacas, o controle ambiental dos dejetos e a possibilidade de reutilização da cama como fertilizante orgânico. Quando corretamente dimensionado e manejado, o confinamento permite ao produtor obter elevada produtividade em uma área reduzida, se comparado aos sistemas convencionais a pasto (PIOVESAN, 2019).

Os animais têm melhores condições de expressar seu comportamento natural, dado o microclima controlado e com maior conforto térmico, o que melhora a saúde do úbere, reduzindo os casos de mastite e melhorando a composição do leite, além de diminuir a ocorrência de lesões de casco (EDUCAPOINT, 2019). O Brasil e os

Estados Unidos lideram o ranking de maior produção científica sobre sistemas de compost barn (SILVA et al., 2022).

O compost barn para vacas leiteiras consiste em uma grande cama coberta e visa o conforto dos animais. O diferencial desse sistema é o processo de compostagem dos dejetos que ocorre durante a permanência desses animais, promovendo melhorias nas condições de saúde e bem-estar dos animais. (DAMASCENO, 2020).

1.3. Bem-estar em confinamento compost barn

A pecuária leiteira vem passando por um processo de intensificação e modernização, impulsionado pela adoção de tecnologias que otimizam o manejo, aumentam a produtividade e promovem a qualidade do leite, sem negligenciar o bem-estar animal (PIOVESAN, 2019).

O manejo adequado contribui para maior produtividade, qualidade e bem-estar animal. Nesse contexto, os sistemas de contenção surgem como uma alternativa viável para os produtores, uma vez que facilitam as práticas de manejo e, quando bem planejados, podem potencializar tanto a produção quanto a qualidade do leite. Entre os modelos de confinamento, destaca-se o Compost Barn. tem se destacado por conciliar eficiência produtiva com condições adequadas de conforto e saúde animal, contribuindo para a qualidade do leite e para a eficiência produtiva (SANTOS, 2024)

A promoção do bem-estar e o controle do estresse térmico são essenciais para o aumento da produtividade leiteira. Condições térmicas adversas afetam diretamente o desempenho produtivo e reprodutivo dos bovinos, uma vez que a manutenção da homeotermia passa a ser prioridade fisiológica, em detrimento de funções como a lactação e a fertilidade. O estresse é capaz de provocar grandes prejuízos no sistema de produção, ocasionando queda na produção de leite e nos índices reprodutivos (DANTAS et al., 2012).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o conforto térmico e o bem-estar de vacas leiteiras em compost barn.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar temperatura e a umidade do ar no interior do galpão;

Determinar o índice de temperatura de globo e umidade no interior do galpão;

Avaliar a velocidade do vento no interior do galpão;

Avaliar as variações de temperatura e umidade da cama.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Temperatura da cama

O controle da temperatura da cama é essencial para que a compostagem ocorra de forma correta, uma vez que a cama é um ambiente vivo devido à sua intensa atividade microbiana. Se a temperatura da cama estiver muito baixa, pode-se retardar a decomposição; se estiver muito elevada, pode prejudicar as bactérias benéficas presentes no processo de decomposição. Uma forma de amenizar isso é o uso de ventiladores e aspersores para controlar tanto a temperatura quanto a umidade da cama (EMBRAPA, 2025).

O bom funcionamento do sistema compost barn depende do monitoramento da temperatura e da umidade da cama, medidos geralmente entre 15 a 30 cm de profundidade. A temperatura adequada, entre 43 e 60°C, indica atividade microbiana eficiente (SCHOGOR et al., 2018).

3.2. Umidade da cama

A umidade da cama em um compost barn desempenha um papel crucial na manutenção da qualidade da cama, assim como a temperatura, deve ser monitorada regularmente. Neste sentido, o manejo adequado da cama em sistemas de compost barn é fundamental para manter a saúde dos animais, além de garantir a qualidade da cama utilizada. O ideal é que o teor de umidade da cama esteja entre 40 e 65%: abaixo disso, falta água para os microrganismos; acima, ocorre compactação e déficit de oxigênio, onde pode favorecer a proliferação de bactérias patogênicas, o que, por sua vez, pode impactar negativamente a saúde dos animais, especialmente no úbere, aumentando o risco de mastite (SHOGOR et al. 2018; ZANETONI, 2022).

Para manter o teor adequado de umidade na cama é necessário que ocorra o revolvimento diário da mesma. É recomendável realizar no mínimo dois revolvimentos diários para evitar a compactação, o aumento da umidade e a queda na temperatura, fatores que favorecem o aumento de emissão de GEE e a proliferação de patógenos

(CARDOSO, 2025). Essa prática é essencial para garantir a aeração da cama, favorecer a compostagem adequada dos dejetos e manter um ambiente seco, confortável e higienizado para as vacas.

3.3. Ventilação

Ao planejar um compost barn, é preciso considerar medidas que reduzam o estresse térmico dos animais, sendo necessário o uso de ventiladores para esse controle. O estresse térmico faz com que haja uma redução no consumo de matéria seca entre 6 e 16%, o que está associado à termoneutralidade (CALDATO et al., 2020). A forma mais comum de reduzir a temperatura corporal do animal é por meio de convecção, que é o processo de troca de calor por corrente de ar (KADZERE et al., 2002).

Para o uso de ventiladores sobre a cama, é necessário garantir que a evaporação da água presente na superfície seja eficiente e que proporcione uma boa secagem. Dessa forma, recomenda-se uma ventilação sobre a cama com ventos de 2,0 a 3,0 m/s, sendo os ventiladores inclinados entre 15° a 30° graus (DAMASCENO, 2021). A disposição dos ventiladores deve ser no sentido da corrente de ar, pois assim aumenta-se a sua eficiência (EMBRAPA, 2021).

Os mamíferos, como as vacas leiteiras, realizam a troca de calor com o ambiente por meio dos mecanismos de condução, convecção e radiação, processos que em conjunto são denominados calor sensível, pois dependem das diferenças de temperatura entre o corpo do animal e o meio externo. Além disso, a dissipação de calor também pode ocorrer por meio da evaporação, processo classificado como calor latente, que envolve a mudança do estado físico da água presente na pele ou nas vias respiratórias. Dessa forma, o organismo animal perde calor para o ambiente de duas maneiras principais: por meio do calor sensível e do calor latente (ALMEIDA et al., 2020).

3.4. Índice de conforto

O monitoramento foi realizado semanalmente, considerando o total de vacas do lote, no intervalo de duas a quatro horas após a alimentação. Todos os animais confinados foram avaliados nesse mesmo período, a fim de determinar o Índice de

Conforto (IC), que foi posteriormente calculado. segundo (LOBECK et al., 2011), através da fórmula:

IC = (AD/AP) 100

Onde;

AD = número de animais deitados

AP = número de animais alojados

3.5. Frequência respiratória

A frequência respiratória normal em bovinos adultos varia entre 24 a 36 movimentos respiratórios por minuto (mov/min), mas pode apresentar valores mais amplos, entre 12 e 36 movimentos por minutos (FERREIRA et al., 2006).

3.6. Temperatura corporal superficial

A temperatura corporal é fundamental para os animais de produção, pois impacta diretamente na produtividade dos mesmos (EMBRAPA, 2021). O estresse térmico faz com que esses animais reduzam sua eficiência alimentar, diminuam a concepção, a imunidade, tornando-se mais suscetíveis a doenças (VERDUGO, 2021). Quando a temperatura corporal da vaca ultrapassa a faixa dos 37°C a 39,3°C, ela pode começar a apresentar problemas com estresse térmico (SOUZA, 2017). No entanto, isso também depende da umidade relativa do local. Se a umidade estiver muito alta, essa temperatura de estresse será menor (PORTO, 2020).

3.7. Escore condição corporal

O escore de condição corporal (ECC) é um indicador importante da saúde geral e da nutrição dos animais. Ele ajuda a determinar o estado físico dos animais e sua adequação para a produção. É uma ferramenta utilizada para avaliar o manejo nutricional dos animais, ajudando a ajustar a nutrição conforme as necessidades individuais. Além disso, o ECC também serve para monitorar a sanidade do rebanho, uma vez que as vacas com problemas de saúde tendem a consumir menos alimento, o que resulta em um menor escore de condição corporal, refletindo uma possível condição de desconforto ou estresse (MORAES, 2006). Dessa forma, o ECC se torna um indicador valioso para avaliar não apenas a nutrição, mas também o bem-estar geral dos animais.

Segundo Moraes (2006), a condição corporal ideal para vacas leiteiras lactantes é aquela que permite à vaca atingir o máximo de produção de leite sem ter

distúrbios metabólicos. O sistema de classificação de ECC define numa escala de 5 pontos, onde 1 significa escore baixo (baixo teor de gordura) e o 5 significa escore alto (indicando alto teor de gordura), onde o animal se encontra obeso, podendo ter maior complicação no parto e menor produtividade. Os escores adequados para vacas de leite variam de 2,5 a 3,5, sendo 3,5 a 3,75 o escore desejável para o parto e 2,25 a 2,5 o escore mínimo aceitável para o pico da lactação (PFEIFER, 2021).

3.8. Escore de locomoção

O escore de locomoção (EL) avalia o comportamento de movimentação dos animais, essencial para identificar problemas ortopédicos, de mobilidade ou relacionados ao manejo de pasto, qual pode influenciar negativamente o bem-estar das vacas leiteiras, pois pode provocar dor, desconforto, alterar seu comportamento, reduzir a movimentação, alimentação e produção. A avaliação é feita a partir de escores, que variam de 1 a 5, sendo o 1 normal e o 5 representando claudicação severa (WANDERER, 2013). O EL é baseado na observação das vacas, paradas ou caminhando, com ênfase na postura do dorso (Figura 1). O uso do EL facilita a identificação precoce de problemas nos cascos, muitos dos quais podem ser corrigidos com casqueamento corretivo (STEVEN, 2001).

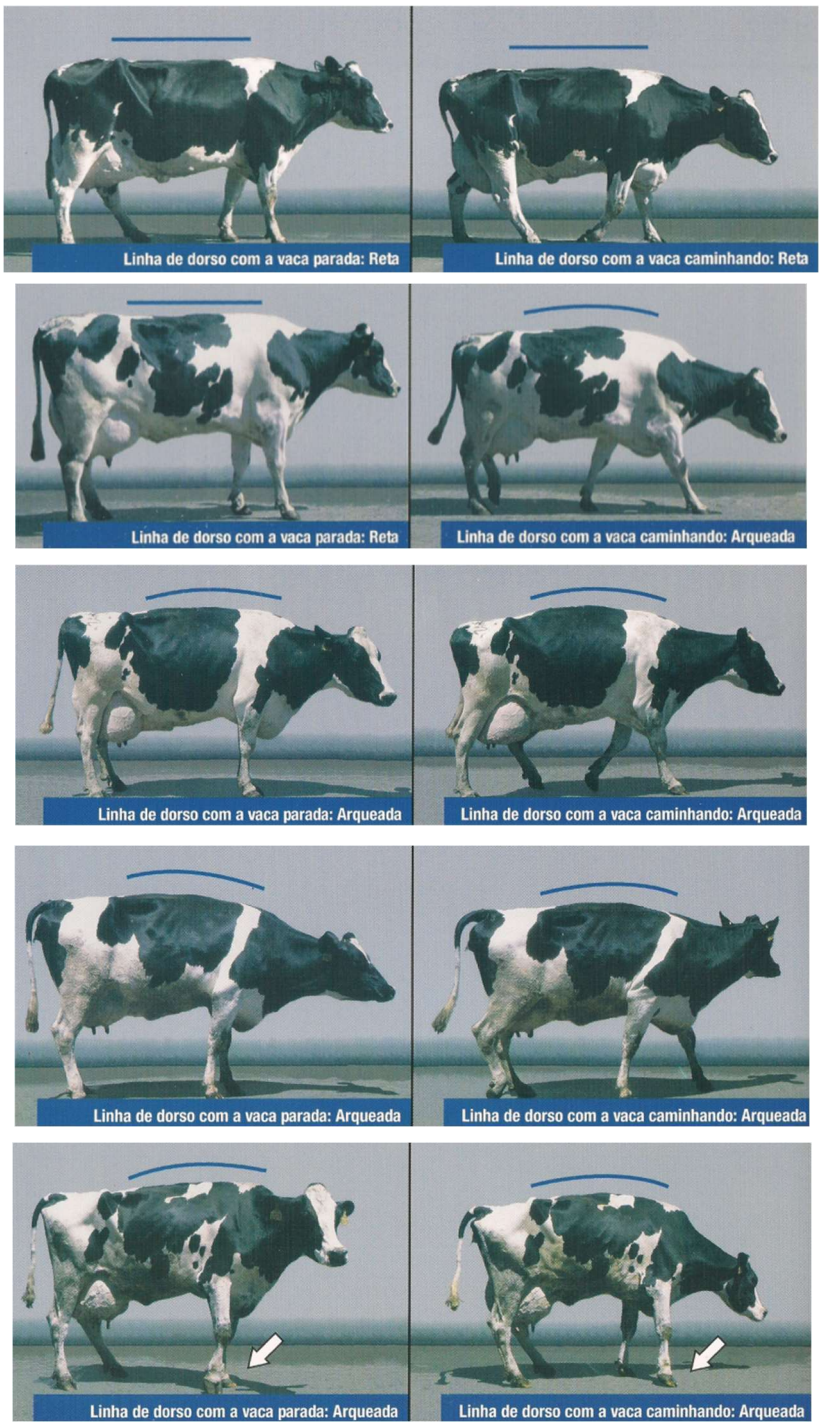

Figura 1. Escore de locomoção
FONTE: (AVAILA, 2001).

3.9. Escore de Higiene

Uma outra verificação importante em compost barn, é o escore de higiene (EH), onde a higiene das vacas é crucial para evitar mastite. O EH é feito de forma que as vacas são avaliadas se estão com aderência de materiais e dejetos no seu corpo, onde a escola varia de 1 a 4. Sendo que 1 está limpo e o 4 está muito sujo e aderido (EMBRAPA, 2020) como demonstra a Figura 2.

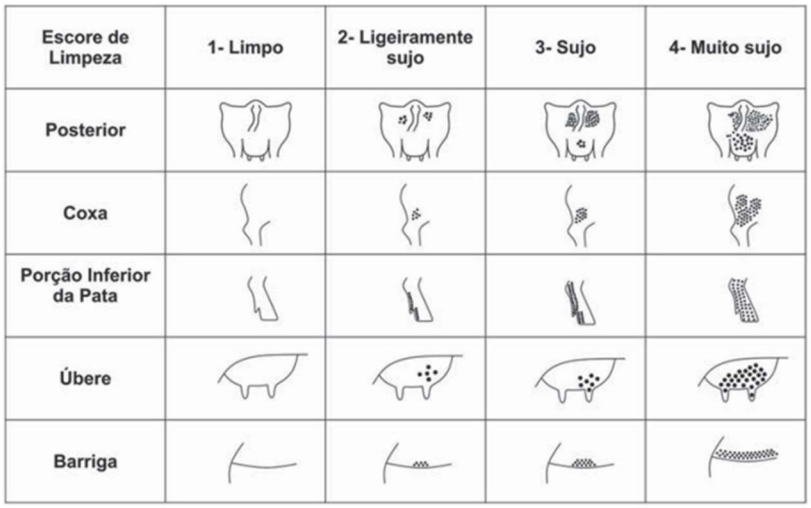

Figura 2. Escore de higiene

FONTE: Calbato, 2020.

3.10. Temperatura do ar e umidade em globo negro

A temperatura do ar é medida por um termômetro de globo, que considera a radiação térmica no ambiente (ABREU, 2011). Esse dado é essencial para entender o conforto térmico dos animais, pois a temperatura do globo é mais representativa do que a temperatura do ar, uma vez que incorpora a radiação solar, vento e radiação entre outros fatores térmicos. Dessa forma o ideal e que a temperatura do ar seja mais próxima a 24°C, para que assim o animal despenhe todo seu potencial produtivo e reprodutivo, ainda tendendo o seu bem-estar (DAMASCENO, 2020).

A umidade relativa do ar reflete a quantidade de vapor d'água presente na atmosfera em relação à quantidade máxima que o ar pode reter a uma determinada temperatura. Esse dado é importante para compreender a sensação térmica e o conforto ambiental dos animais, pois a alta umidade pode dificultar a dissipação do calor pelo organismo dos animais (COSTA, 2003), sendo que o ideal seja 50 a 70% de umidade relativa (AZEVÊDO e ALVES, 2009).

O Índice de temperatura e umidade (ITU) é um indicador fundamental para avaliar as condições térmicas do ambiente e seu impacto no bem-estar dos animais Figura 3. Para vacas de alta produção, um ITU superior a 72 é considerado indicativo de estresse térmico, o que pode comprometer a produtividade e a saúde dos animais. Portanto, o ideal é que o ITU se mantenha abaixo de 70, garantindo que o ambiente esteja dentro da zona de conforto térmico e favoreça o desempenho máximo dos animais (AZEVÊDO, 2009).

TEMP.	UMIDADE RELATIVA (%)																				
°C	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
			SEM ESTRESSE																		
23,9														72	72	73	73	74	74	75	75
26,7							72	72	73	73	74	74	75	76	76	77	78	78	79	79	80
29,4			72	72	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85
32,2	72	73	74	75	76	77	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89	90
35,0	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
37,3	77	78	79	80	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92	93	94	95	97	98	99	
40,6	79	80	82	83	84	86	87	88	89	91	92	93	95	96	97						
43,3	81	83	84	86	87	89	90	91	93	94	96	97									
46,1	84	85	87	88	90	91	93	95	96	97											
48,9	86	88	89	91	93	94	96	98													

ESTRESSE SUAVE
ESTRESSE MÉDIO
ESTRESSE SEVERO
MORTE

Figura 3. Índice de temperatura e umidade

FONTE: EMBRAPA, 2009

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante o período de julho de 2022 a junho de 2023, em uma propriedade localizada no município de Alegre, no sitio Boa Esperança, latitude 20º50’13” Sul, longitude 41º32’59” Oeste e altitude de aproximadamente 298 m. A propriedade possuía área total de 60 ha, e o galpão compost barn construído no sentido leste-oeste possuía área total de 1.300m², sendo 504 m² para a área de cama de compostagem (Figura 4).

Figura 4. Compost barn, Sítio Boa Esperança

FONTE: Acervo pessoal, 2022

O galpão era subdividido em três lotes ao longo de sua extensão. Dessa forma, as vacas mais produtivas eram alocadas no primeiro lote, qual era situado mais próximo da rodovia, que por sua vez era o mais distante da sala de ordenha. O segundo lote situava-se no centro do galpão, enquanto o terceiro lote ficava localizado na extremidade oposta, ao lado da sala de espera, como demostra a Figura 5.

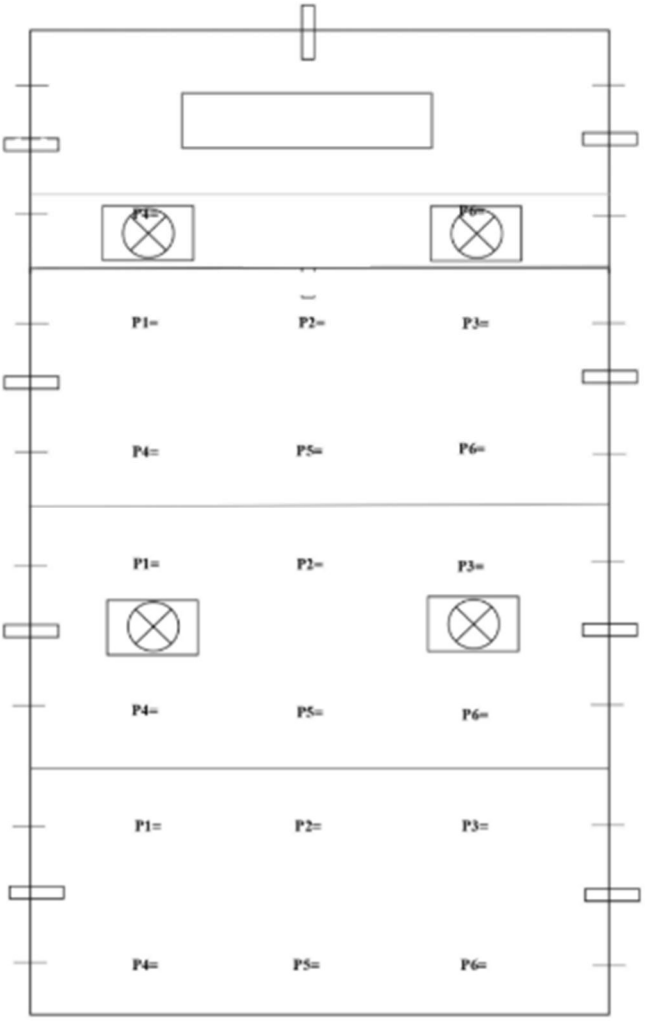

Figura 5. Croqui do galpão

FONTE: Acervo pessoal, (2022).

O manejo da cama no sistema confinamento compost barn consistia em revolvimento do material orgânico da cama duas vezes ao dia, nos períodos da manhã e da tarde, coincidentes com a ausência dos animais no galpão, durante as ordenhas.

As mensurações de temperatura da cama, foram realizadas em três pontos alinhados diagonalmente em cada lote, adotando um padrão em que não se iniciasse sempre na mesma direção, dessa forma para que a mensuração fosse mais representativa, o ponto inicial das medições variava entre o lado direito e o lado

esquerdo do galpão, alternando a direção em cada avaliação. No entanto, os pontos de referência ao longo do galpão foram mantidos constantes, como visto na Figura 6.

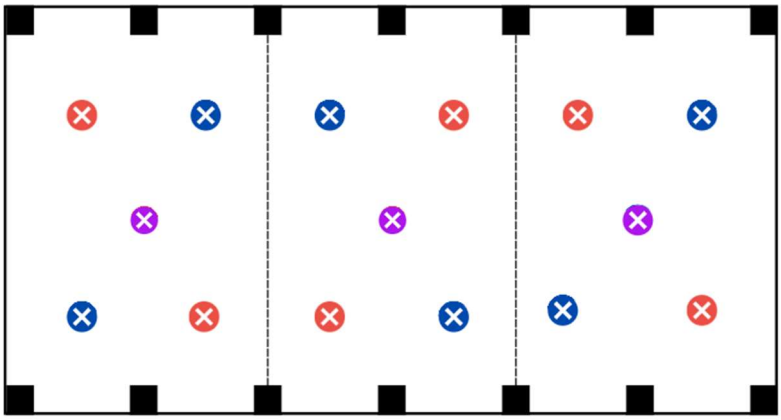

Figura 6. Esquemas de pontos de coletas de temperatura

FONTE: Acervo pessoal, (2022).

Para a medição da temperatura na superfície da cama, utilizou-se um termômetro digital infravermelho sem contato (G-Tech®). Esse termômetro permite aferições rápidas e precisas da temperatura na superfície do material orgânico, sem interferência direta no ambiente de coleta.

A instalação do compost barn, contava com quatro ventiladores (Reafrio®), distribuídos em duas linhas no sentido leste-oeste, cobrindo a área de cama com 14 metros de largura e 36 metros de comprimento. A velocidade do vento foi monitorada com o uso do anemômetro digital portátil (Hiatsu®), A disposição do equipamento de medição seguiu os pontos indicados na Figura 8, correspondentes a P1, P2, P3, P4, P5 e P6. Já os resultados obtidos com o anemômetro, expressos em metros por segundo (m/s), encontram-se apresentados na Figura 7.

Figura 7. Anemômetro portátil

FONTE: Acervo pessoal, (2022).

Para garantir a precisão das medições, eram realizadas seis coletas em cada lote, de forma que eram coletadas em duas posições na linha do ventilador esquerdo, duas no centro, e duas no ventilado a direita. Assim totalizando seis amostra coletadas no lote. O anemômetro era estrategicamente posicionado a aproximadamente 1,5 metro da superfície da cama, resultando em um total de dezoito mensurações distribuídas entre os três lotes (Figura 8).

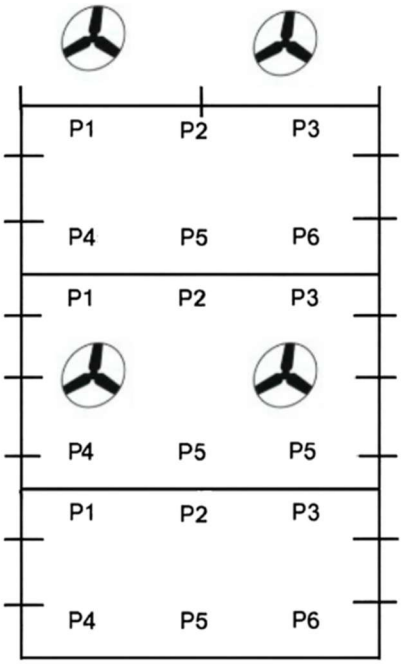

Figura 8. Pontos de mensuração da velocidade do vento.

FONTE: Acervo pessoal, (2022).

A avaliação da frequência respiratória foi realizada por meio de observação visual, utilizando o método focal, no qual se observava os movimentos do flanco dos animais por minuto, qual era observado o lado oposto ao rumem, lado direito. Nas vacas a medição de temperatura superficial foi feita com termômetro digital laser infravermelho, onde a distância máxima do animal era de 1,0 metro de distância. Dessa forma a medição foi realizada em alguns pontos específicos: fronte, tábua do pescoço, flanco, costelas e coxa.

A temperatura e a umidade do ar foram monitoradas diariamente, no interior das instalações através de três data loggers (Texto®, modelo T174H) programados para realizar leituras em intervalos de três horas e instalados em globos negros em cada lote. Os equipamentos foram posicionados em pontos equidistantes do galpão, um no início (extremidade oeste), outro no meio e outro no fim (extremidade leste), de forma que cada data logger monitorasse o microclima de cada lote do confinamento. Os globos foram dispostos a uma altura de aproximadamente 2,0 metros da superfície da cama, de forma que não atrapalhasse o trânsito do trator no revolvimento da cama e que também não sofresse danos decorrentes de interação das vacas com os mesmos (Figura 9).

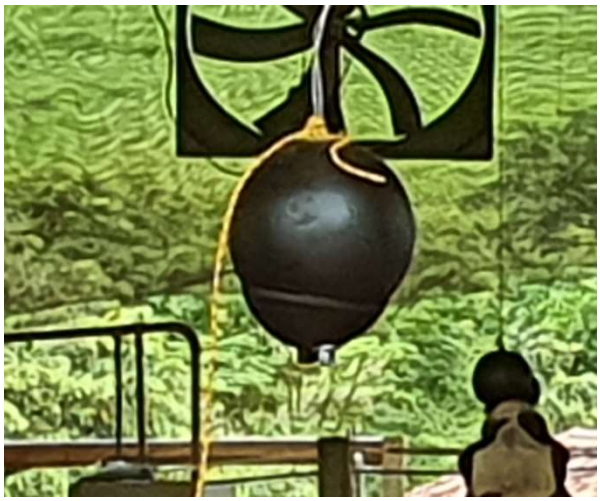

Figura 9. Globo negro contento datalogger

FONTE: Acervo pessoal, (2022).

O escore de higiene dos animais, em escala variando de um a quatro, foi determinado por meio de avaliação visual, onde era verificado se a vaca apresentava alguma sujidade pelo corpo. Sendo um, limpo, dois, ligeiramente sujo, três, sujo e

quatro, muito sujo. As regiões avaliadas no animal foram posteriores, coxa, porção inferior da pata, úbere e barriga (CALDATO, 2020).

Como processamento estatístico e resumo das variáveis estudadas, foram realizadas análises descritivas, caracterizando as amostras dos diferentes lotes (1, 2 e 3), diferentes períodos de avaliação (período de julho de 2022 a junho de 2023). Para tanto foram obtidas, em cada um dos grupos estudados, suas médias aritméticas, seus desvios padrão, além da construção de intervalos (média ± 1 desvio padrão) que pudessem simular a probabilidade de 70% para a participação da média populacional para cada grupo e tempo estudados.

Os resultados foram apresentados por meio de tabelas e gráficos para uma melhor visualização do comportamento dos lotes e dos períodos incluídos no estudo. Além disso, ao final da análise descritiva, foi realizada uma análise multivariada de componentes principais, buscando agrupar as variáveis de maior correlação, aos componentes principais de primeira e segunda ordem. Estes foram estabelecidos combinação linear de todas as variáveis originais estudadas. Todas as análises estatísticas foram efetuadas com o uso do programa R (R Core Team, 2024). Para a construção das tabelas e gráficos, foi utilizado o Microsoft Excel (Microsoft Corporation, 2018).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta informações detalhadas sobre temperatura de globo, umidade relativa do ar e velocidade do vento ao longo de diversos meses (de julho de 2022 a junho de 2023) para os três lotes de vacas, com as médias, desvios padrão (DP) e intervalos de confiança (IC ± 1) para cada variável, em cada mês. A temperatura de globo variou ao longo dos meses, com a maior média observada em janeiro de 2023 (26,7°C) e a menor em maio de 2022 (19,7°C) ambos para lote1. A temperatura de globo máxima ideal para vacas de leite especializadas é que a máxima de 24°C (AZEVEDO, 2009). De modo geral, a temperatura no galpão apresentou-se abaixo da temperatura ideal, o que possibilitou um maior conforto térmico aos animais. Os meses que a temperatura do ar ultrapassou o limite foram: setembro, novembro, janeiro e fevereiro (Tabela 1). Porem pode ter ocorrido uma influencia na coleta de temperatura do globo, pela ventilação.

Tabela 1. Médias, desvios padrão e Intervalo de confiança para média (μ±1δ) para as variáveis climáticas obtidas durante o estudo

			Temperatura de globo (°C)				Umidade relativa do ar (%)				Velocidade do vento (m/s)			
Lote	**Mês**	**N.Vacas**	**media (μ)**	**DP (δ)**	**IC (μ ± 1δ)**		**media (μ)**	**DP (δ)**	**IC (μ ± 1δ)**		**media (μ)**	**DP (δ)**	**IC (μ ± 1δ)**	
Lote 1		18,0	20,2	3,3	16,9	23,5	65,7	7,9	57,8	73,6	1,8	0,4	1,3	2,2
Lote 2	**jul/22**	18,0	19,8	3,1	16,6	22,9	67,7	6,0	61,7	73,7	1,7	1,1	0,6	2,8
Lote 3		20,0	19,9	2,9	17,0	22,8	70,1	7,7	62,5	77,8	1,7	1,4	0,3	3,1
Lote 1		18,0	21,7	3,1	18,6	24,7	74,8	9,7	65,1	84,5	1,8	1,6	0,2	3,5
Lote 2	**ago/22**	19,0	21,5	2,9	18,5	24,4	80,3	8,6	71,7	88,8	1,4	0,5	0,9	1,9
Lote 3		19,0	21,2	3,0	18,3	24,2	75,6	7,0	68,6	82,5	1,8	1,5	0,3	3,3
Lote 1		17,0	24,7	2,5	22,2	27,1	70,4	8,7	61,7	79,2	1,9	0,4	1,6	2,3
Lote 2	**set/22**	17,0	24,6	2,5	22,1	27,1	68,9	6,4	62,5	75,3	1,8	2,0	0,0	3,8
Lote 3		18,0	24,2	2,5	21,8	26,7	75,0	9,4	65,6	84,4	1,7	1,2	0,5	2,8
Lote 1		14,0	23,2	2,5	20,7	25,7	76,7	8,4	68,3	85,1	1,6	0,6	1,0	2,1
Lote 2	**out/22**	18,0	22,9	2,6	20,3	25,5	73,3	5,8	67,5	79,0	1,6	1,9	0,0	3,4
Lote 3		18,0	22,6	2,7	19,9	25,3	69,1	8,2	60,9	77,3	1,7	1,4	0,3	3,1
Lote 1		18,0	24,7	1,6	23,1	26,3	67,4	8,7	58,6	76,1	1,5	0,4	1,1	1,9
Lote 2	**nov/22**	16,0	24,3	1,7	22,5	26,0	68,8	4,6	64,3	73,4	1,7	1,7	0,0	3,4
Lote 3		11,0	23,9	2,0	21,9	25,9	71,2	6,7	64,5	77,9	2,2	1,7	0,5	3,9
Lote 1		17,0	25,7	2,0	23,6	27,7	75,8	7,7	68,1	83,4	2,4	0,5	1,9	2,9
Lote 2	**dez/22**	18,0	25,4	2,1	23,3	27,5	78,6	5,9	72,7	84,4	2,3	1,3	1,0	3,7
Lote 3		10,0	25,0	2,2	22,9	27,2	76,9	8,5	68,4	85,4	2,0	1,7	0,3	3,7
Lote 1		14,0	26,7	2,3	24,3	29,0	72,0	8,0	64,0	80,1	2,6	0,6	2,0	3,2
Lote 2	**jan/23**	12,0	26,4	2,4	23,9	28,8	69,8	5,8	64,1	75,6	2,3	1,9	0,4	4,2
Lote 3		13,0	26,1	2,5	23,6	28,6	75,8	8,7	67,1	84,5	2,7	1,8	0,8	4,5
Lote 1		17,0	26,5	2,6	23,8	29,1	77,2	8,9	68,3	86,2	1,9	0,6	1,3	2,6
Lote 2	**fev/23**	15,0	25,9	2,6	23,3	28,6	72,8	7,0	65,9	79,8	1,9	1,3	0,5	3,2
Lote 3		12,0	25,6	2,7	23,0	28,3	69,2	9,9	59,3	79,0	2,3	1,6	0,7	3,9
Lote 1		19,0	24,0	2,2	21,9	26,2	68,8	6,5	62,3	75,3	1,1	0,5	0,6	1,6
Lote 2	**mar/23**	18,0	23,8	2,2	21,6	26,0	69,6	5,3	64,2	74,9	1,4	1,9	0,0	3,3
Lote 3		14,0	23,8	2,2	21,6	25,9	72,7	7,1	65,5	79,8	1,0	1,4	0,0	2,4
Lote 1		19,0	21,1	2,3	18,8	23,5	77,4	5,7	71,8	83,1	2,1	0,6	1,5	2,7
Lote 2	**abr/23**	18,0	21,1	2,3	18,8	23,3	80,3	4,6	75,7	84,9	1,7	1,6	0,1	3,3
Lote 3		15,0	21,0	2,3	18,7	23,3	78,8	6,7	72,1	85,5	2,3	1,8	0,5	4,1
Lote 1		19,0	19,7	2,9	16,8	22,7	73,6	6,1	67,4	79,7	2,3	0,5	1,8	2,7
Lote 2	**mai/23**	18,0	19,9	2,9	17,0	22,8	71,9	5,1	66,8	77,1	2,5	1,9	0,6	4,4
Lote 3		18,0	19,9	2,8	17,1	22,8	76,9	10,6	66,3	87,4	2,2	1,7	0,5	3,9
Lote 1		14,0	21,9	2,9	19,0	24,8	78,6	6,6	72,0	85,1	2,0	0,7	1,2	2,7
Lote 2	**jun/23**	21,0	21,8	3,0	18,8	24,8	80,6	5,3	75,3	85,9	2,0	1,6	0,4	3,5
Lote 3		10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	1,7	0,6	4,0

A umidade relativa do ar também apresentou variações, sendo que no mês de julho de 2022 apresentou os menores valores, observados nos lotes 1 e 2, com os valores de 65,7 e 67,7%, respectivamente. Já em junho de 2023, encontrou-se no lote 2, a maior umidade relativa do ar (80,6%) durante o experimento (Tabela 1). O ideal para umidade relativa do ar é que a mesma esteja entre 50 a 70% (AZEVÊDO e ALVES, 2009). Observa-se, de acordo com os valores descritos na Tabela 1, que os

animas sofreram um leve estresse em função de elevada umidade do ar, durante os meses de agosto, outubro, dezembro janeiro, abril, maio e junho.

A velocidade do vento nos galpões foi relativamente baixa na maior parte dos meses, variando entre 1,0 m/s a 2,5 m/s (Tabela 1). A menor média foi observada no lote 1, em março de 2023, enquanto a maior ocorreu na área do lote 2, em maio. Considerando que a faixa ideal de velocidade do vento para maior bem-estar desses animais, se situa entre 2,0 e 3,0 m/s (DAMASCENO, 2020), observa-se que nos meses os valores ficaram abaixo do recomendado. Entre eles, destacam-se julho, agosto, setembro, outubro e novembro, nos quais a velocidade do vento foi insuficiente, embora na área do lote 3 esta tenha apresentado condições mais próximas do ideal. Outros meses com valores abaixo da faixa recomendada foram fevereiro, março e abril, com exceções pontuais nos lotes 1 e 3, que mantiveram condições adequadas para a dissipação de calor.

Esses resultados indicam a necessidade de atenção ao manejo da ventilação, especialmente nos meses mais quentes ou em galpões com menor circulação de ar, para garantir conforto térmico e bem-estar das vacas, onde os ajuste e manutenção dos ventiladores se faz essencial. A variação das condições térmicas e de umidade ao longo do tempo pode refletir as condições ambientais específicas, como o efeito de períodos de calor intenso ou frio, e como esses fatores influenciam as necessidades fisiológicas e comportamentais das vacas.

Na Tabela 2 observam-se os valores médios da temperatura na superficial, além da umidade da cama. A temperatura variou consideravelmente entre os meses e entre as áreas dos lotes. Nos meses mais quentes, como janeiro de 2023. A área destinada ao lote1 com 30,0°C, apresentou a maior média de temperatura superficial da cama. Já em junho de 2023. A área do lote 2 apresentou a temperatura da cama 22,9°C, está sendo mais baixa encontrada. O esperado para a temperatura superficial da cama é que seja inferior a 24°C (AZEVEDO, 2009), para que a cama não atrapalhe a zona de conforto das vacas. A umidade da cama apresentou médias variando de 39,8% a 54,9%, com os maiores índices observados em julho de 2022, no lote 2 (54,9%) e em abril de 2023. Ambas para a área do lote 2 (39,8%). A faixa de umidade ideal para favorecer a compostagem dos dejetos e manter o ambiente seco, confortável e higienizado seria de 40 a 65% (SHOGOR et al. 2018; ZANETONI, 2022), logo o manejo da cama estava pareceu adequado durante o período de experimental.

Tabela 2. Médias, desvios padrão e Intervalo de confiança para média (μ±1δ) para as variáveis da cama dos animais obtidas durante o estudo

Lote	Mês	Temperatura da cama superior (°C)				Umidade da cama (%)			
		media (μ)	DP (δ)	IC (μ ± 1δ)		media (μ)	DP (δ)	IC (μ ± 1δ)	
Lote 1	**jul/22**	25,1	2,4	22,7	27,6	48,2	0,98	47,2	49,2
Lote 2		25,4	2,6	22,9	28,0	50,9	2,13	48,7	53,0
Lote 3		26,2	4,0	22,1	30,2	46,4	3,63	42,7	50,0
Lote 1	**ago/22**	26,7	2,9	23,9	29,6	48,8	1,66	47,2	50,5
Lote 2		24,7	2,8	21,9	27,5	50,4	0,57	49,8	51,0
Lote 3		28,9	3,9	24,9	32,8	50,8	2,47	48,3	53,2
Lote 1	**set/22**	29,9	2,8	27,1	32,7	53,9	4,91	49,0	58,8
Lote 2		29,5	2,7	26,8	32,1	53,2	1,58	51,6	54,8
Lote 3		29,9	2,1	27,8	32,0	49,4	0,16	49,2	49,5
Lote 1	**out/22**	27,2	3,2	23,9	30,4	45,9	0,93	44,9	46,8
Lote 2		25,7	1,8	23,9	27,5	-	-	-	-
Lote 3		23,7	2,8	20,9	26,6	-	-	-	-
Lote 1	**nov/22**	25,3	2,8	22,6	28,1	51,6	-	-	-
Lote 2		26,1	3,3	22,8	29,4	53,7	-	-	-
Lote 3		25,4	2,7	22,7	28,1	44,9	-	-	-
Lote 1	**dez/22**	27,8	3,2	24,6	31,0	43,6	0,07	43,5	43,7
Lote 2		25,9	1,8	24,2	27,7	46,2	-	-	-
Lote 3		27,3	1,1	26,1	28,4	52,4	-	-	-
Lote 1	**jan/23**	30,0	3,4	26,6	33,3	54,0	-	-	-
Lote 2		29,4	3,7	25,7	33,1	49,1	-	-	-
Lote 3		29,3	2,5	26,8	31,8	45,8	-	-	-
Lote 1	**fev/23**	29,2	3,2	26,0	32,4	40,7	-	-	-
Lote 2		26,0	2,8	23,2	28,7	-	-	-	-
Lote 3		23,5	2,1	21,4	25,5	-	-	-	-
Lote 1	**mar/23**	26,2	2,5	23,6	28,7	46,7	-	-	-
Lote 2		25,4	3,2	22,2	28,5	47,4	-	-	-
Lote 3		26,3	2,9	23,3	29,2	40,6	-	-	-
Lote 1	**abr/23**	27,2	3,5	23,8	30,7	43,7	-	-	-
Lote 2		24,4	4,1	20,2	28,5	39,8	-	-	-
Lote 3		26,8	2,5	24,2	29,3	43,8	-	-	-
Lote 1	**mai/23**	27,9	1,8	26,1	29,7	46,1	-	-	-
Lote 2		28,8	2,7	26,1	31,5	46,4	-	-	-
Lote 3		29,2	1,6	27,6	30,8	45,4	-	-	-
Lote 1	**jun/23**	27,0	2,0	25,0	29,1	45,6	-	-	-
Lote 2		25,9	2,0	23,9	27,9	-	-	-	-
Lote 3		22,9	2,2	20,7	25,1	-	-	-	-

Esses dados são fundamentais para a análise do bem-estar de vacas confinadas em compost barn, uma vez que a temperatura superficial da cama e a sua umidade são diretamente relacionadas ao conforto térmico e saúde das vacas, temperatura da cama deve ser monitorada, especialmente em meses mais quentes, para evitar o desconforto dos animais. Os valores mais baixos de temperatura, como em agosto e setembro, indicam condições ambientais mais agradáveis, enquanto os valores mais altos de janeiro e fevereiro exigem estratégias adequadas para manter o

conforto térmico dos animais. Como por exemplo o uso de ventiladores com aspersores nesse período de maior estresse (SILVA, 2022).

A Tabela 3 apresenta os valores médios encontrados para frequência respiratória e temperatura corporal superficial.

Tabela 3. Médias, desvios padrão e Intervalo de confiança para média (μ±1δ) para as variáveis fisiológicas dos animais obtidas durante o estudo

		Frequência respiratória (mov/min)				Temperatura corporal (°C)			
Lote	**Mês**	**media (μ)**	**DP (δ)**	**IC (μ ± 1δ)**		**media (μ)**	**DP (δ)**	**IC (μ ± 1δ)**	
Lote 1		33,1	7,1	26,0	40,2	36,3	0,3	36,0	36,6
Lote 2	**jul/22**	40,8	5,7	35,1	46,5	36,6	0,9	35,6	37,5
Lote 3		34,4	4,3	30,1	38,8	36,4	0,3	36,1	36,6
Lote 1		31,0	8,2	22,7	39,2	36,9	0,9	36,0	37,8
Lote 2	**ago/22**	30,2	12,8	17,3	43,0	36,9	1,1	35,8	38,0
Lote 3		42,1	13,2	28,9	55,3	36,7	2,4	34,3	39,1
Lote 1		31,0	10,5	20,5	41,4	37,3	0,3	37,1	37,6
Lote 2	**set/22**	48,7	5,4	43,3	54,1	36,2	0,2	36,0	36,4
Lote 3		55,3	4,3	50,9	59,6	36,1	0,1	36,0	36,2
Lote 1		40,2	8,7	31,5	49,0	36,0	1,0	35,0	37,0
Lote 2	**out/22**	33,5	6,3	27,2	39,9	36,7	1,3	35,4	38,0
Lote 3		29,3	7,9	21,5	37,2	36,3	1,0	35,3	37,2
Lote 1		30,9	7,9	23,1	38,8	36,2	1,0	35,2	37,2
Lote 2	**nov/22**	43,5	9,3	34,2	52,8	34,4	1,2	33,2	35,7
Lote 3		30,4	5,6	24,8	36,0	36,4	0,8	35,6	37,2
Lote 1		35,1	11,8	23,3	47,0	37,5	0,6	36,8	38,1
Lote 2	**dez/22**	28,1	9,5	18,6	37,6	37,3	0,7	36,6	38,0
Lote 3		33,7	7,4	26,4	41,1	36,1	0,4	35,7	36,6
Lote 1		42,1	9,7	32,4	51,8	36,6	0,8	35,7	37,4
Lote 2	**jan/23**	49,2	9,6	39,7	58,8	36,2	0,4	35,9	36,6
Lote 3		44,8	11,3	33,5	56,0	36,9	0,4	36,5	37,4
Lote 1		37,6	15,1	22,5	52,7	36,4	0,6	35,8	37,0
Lote 2	**fev/23**	32,4	21,0	11,3	53,4	36,4	0,6	35,8	37,0
Lote 3		29,0	13,2	15,8	42,3	37,0	0,6	36,4	37,6
Lote 1		24,6	21,8	2,8	46,3	36,3	0,7	35,6	37,0
Lote 2	**mar/23**	32,3	14,5	17,8	46,7	36,6	1,1	35,5	37,7
Lote 3		24,7	15,7	9,0	40,4	36,3	0,9	35,4	37,1
Lote 1		31,3	13,1	18,3	44,4	37,3	0,6	36,6	37,9
Lote 2	**abr/23**	22,2	11,4	10,7	33,6	37,0	0,4	36,6	37,3
Lote 3		31,3	12,5	18,8	43,7	36,3	0,3	36,0	36,6
Lote 1		37,6	10,3	27,3	47,9	36,6	0,2	36,4	36,8
Lote 2	**mai/23**	39,9	11,6	28,4	51,5	36,1	0,4	35,7	36,5
Lote 3		45,2	12,1	33,1	57,4	36,7	0,4	36,3	37,2
Lote 1		35,6	8,1	27,5	43,7	36,3	0,4	35,8	36,7
Lote 2	**jun/23**	27,6	8,9	18,8	36,5	36,5	1,2	35,3	37,6
Lote 3		27,4	9,6	17,8	37,0	36,5	0,4	36,1	36,9

A frequência respiratória média dos animais apresentou variação entre 22,2 e 55,3 movimentos por minuto, sendo o maior valor registrado em setembro de 2022, o menor em abril de 2022 (Tabela 3). Considera-se que a faixa ideal para bovinos

leiteiros situa-se entre 24 e 36 movimentos por minuto, intervalo no qual os animais permanecem em condições de conforto térmico e sem indícios de estresse (FERREIRA et al., 2006). Os meses de dezembro de 2022, abril e julho de 2023 foram os únicos que apresentaram valores de frequência respiratória inferiores ao limite considerado ideal. Nos demais meses, observou-se que, em alguns lotes, a média ultrapassou esse intervalo, o que pode indicar a ocorrência de estresse térmico nos animais.

A média da temperatura corporal variou entre 34,4°C e 37,5°C ao longo do período de estudo. O valor mais alto foi registrado em dezembro de 2022 (37,5°C), e o valor mais baixo foi em novembro de 2022 (34,4°C). A temperatura ideal deve ser abaixo de 37,0°C (SOUZA, 2017). Quando a temperatura ultrapassa esse valor, o animal pode começar a sofrer estresse térmico. Esses valores de temperatura corporal, foram observados quando os animais estavam na ordenha, qual antes eram submetidos a aspersores com água, para ter melhor conforto térmico (OLIVEIRA, 2025). Todos os lotes eram molhados, principalmente nos meses mais quentes do ano.

Observa-se na Tabela 4 que o índice de conforto variou de 25,0 a 74,1, sendo o menor valor encontrado em julho de 2022, no lote 3 e o maior, em dezembro do mesmo ano, no lote 1, o que o que indica que outros aspectos além da temperatura ambiente e umidade relativa do ar, podem influenciar no comportamento dos animais fazendo com que os animais fiquem menos tempo deitados do que o desejável. O escore de higiene reflete o estado de limpeza dos animais, importante para avaliar a higiene do ambiente e a saúde do rebanho. A média do escore de higiene variou de 1,0 a 2,1, sendo que o esperado é que todos os lotes em todos os meses apresentassem valor igual ou próximo de 1, valor que corresponde a escore de higiene muito bom (EMBRAPA, 2020).

Tabela 4: Médias, desvios padrão e intervalo de confiança para média (μ±1δ) para as variáveis de índice de conforto e escores dos animais obtidos durante o estudo

		Índice de Conforto				Escore de higiene				Escore de locomoção				Escore de condição corporal			
Lote	**Mês**	**media (μ)**	**DP (δ)**	**IC (μ ± 1δ)**		**media (μ)**	**DP (δ)**	**IC (μ ± 1δ)**		**media (μ)**	**DP (δ)**	**IC (μ ± 1δ)**		**media (μ)**	**DP (δ)**	**IC (μ ± 1δ)**	
Lote 1		63,9	23,9	40,0	87,7	1,6	0,8	0,8	2,4	1,0	0,8	0,2	1,8	3,0	0,2	2,9	3,2
Lote 2	**jul/22**	58,8	26,2	32,7	85,0	1,7	0,5	1,2	2,2	0,6	0,8	-0,2	1,3	3,5	0,3	3,2	3,8
Lote 3		25,0	29,1	0,0	54,1	1,6	0,8	0,8	2,4	0,6	1,5	-0,9	2,1	3,4	0,3	3,1	3,7
Lote 1		51,6	24,4	27,1	76,0	1,3	0,5	0,8	1,8	0,4	1,0	-0,5	1,4	3,4	0,3	3,0	3,7
Lote 2	**ago/22**	39,4	22,8	16,6	62,2	1,3	1,0	0,3	2,2	0,4	0,5	-0,1	1,0	3,3	0,2	3,1	3,5
Lote 3		50,3	28,3	22,0	78,7	1,0	0,5	0,5	1,5	0,1	0,5	-0,3	0,6	3,3	0,3	3,0	3,7
Lote 1		57,4	11,8	45,6	69,2	2,1	0,8	1,4	2,9	0,0	0,8	-0,8	0,8	3,2	0,2	3,0	3,4
Lote 2	**set/22**	56,3	13,4	42,9	69,7	1,4	0,4	1,1	1,8	0,0	0,5	-0,5	0,5	3,2	0,4	2,8	3,6
Lote 3		56,2	11,4	44,8	67,7	1,0	0,5	0,5	1,5	0,0	1,0	-1,0	1,0	3,3	0,4	2,8	3,7
Lote 1		62,9	24,7	38,2	87,5	1,0	0,5	0,5	1,5	0,3	0,5	-0,2	0,8	3,1	0,3	2,8	3,5
Lote 2	**out/22**	33,0	24,0	9,1	57,0	1,0	0,8	0,2	1,8	0,0	0,5	-0,5	0,5	3,4	0,3	3,0	3,7
Lote 3		36,6	27,1	9,5	63,7	1,3	0,8	0,5	2,1	0,4	1,6	-1,2	2,0	3,3	0,7	2,6	4,0
Lote 1		65,7	23,9	41,9	89,6	1,4	0,5	0,9	1,9	0,7	0,5	0,2	1,2	2,9	0,2	2,7	3,1
Lote 2	**nov/22**	51,7	12,2	39,5	64,0	1,4	0,5	0,9	2,0	0,3	0,4	-0,1	0,7	3,1	0,6	2,6	3,7
Lote 3		31,7	18,4	13,3	50,1	1,1	0,4	0,8	1,5	0,4	1,1	-0,7	1,6	2,9	0,5	2,4	3,4
Lote 1		74,1	20,0	54,1	94,2	1,4	0,0	1,4	1,4	0,4	0,4	0,1	0,8	3,4	0,1	3,3	3,5
Lote 2	**dez/22**	52,6	28,2	24,4	80,8	1,4	0,4	1,1	1,8	0,1	0,0	0,1	0,1	3,4	0,6	2,8	3,9
Lote 3		52,5	33,9	18,6	86,5	1,1	0,0	1,1	1,1	0,0	0,4	-0,4	0,4	3,5	0,5	3,0	3,9
Lote 1		42,3	50,1	0,0	92,4	1,3	1,1	0,2	2,4	0,1	0,0	0,1	0,1	3,1	0,4	2,7	3,5
Lote 2	**jan/23**	55,7	39,0	16,7	94,8	1,0	0,5	0,5	1,5	0,1	0,4	-0,2	0,5	3,1	0,3	2,8	3,4
Lote 3		59,3	20,9	38,4	80,1	1,1	0,0	1,1	1,1	0,1	1,0	-0,8	1,1	3,2	0,3	2,8	3,5
Lote 1		59,3	35,8	23,5	95,0	1,0	1,1	-0,1	2,1	0,3	0,0	0,3	0,3	3,9	0,2	3,6	4,1
Lote 2	**fev/23**	50,4	18,1	32,3	68,5	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,4	-0,4	0,4	3,4	0,2	3,2	3,5
Lote 3		42,4	17,3	25,1	59,7	1,0	0,4	0,6	1,4	0,0	1,0	-1,0	1,0	3,4	0,4	3,0	3,8
Lote 1		52,8	4,4	48,4	57,1	1,6	0,0	1,6	1,6	0,7	0,0	0,7	0,7	2,9	0,4	2,5	3,3
Lote 2	**mar/23**	52,2	35,3	16,9	87,5	1,4	0,4	1,1	1,8	0,6	0,4	0,2	0,9	3,3	0,4	2,9	3,7
Lote 3		33,1	7,1	26,0	40,2	1,3	0,8	0,5	2,0	0,7	0,0	0,7	0,7	3,0	0,3	2,6	3,3
Lote 1		67,5	27,5	40,0	95,0	1,6	0,0	1,6	1,6	1,3	0,5	0,8	1,8	2,9	0,2	2,7	3,1
Lote 2	**abr/23**	61,9	17,0	44,9	78,8	1,1	0,0	1,1	1,1	0,4	0,5	-0,1	0,9	3,3	0,3	2,9	3,6
Lote 3		62,2	30,4	31,8	92,7	1,0	0,0	1,0	1,0	0,1	1,1	-1,0	1,3	3,3	0,4	2,9	3,7
Lote 1		61,7	20,4	41,3	82,1	1,0	0,0	1,0	1,0	0,6	0,0	0,6	0,6	3,1	0,2	2,9	3,4
Lote 2	**mai/23**	70,0	28,4	41,6	98,5	1,1	0,0	1,1	1,1	0,6	0,0	0,6	0,6	3,2	0,3	2,9	3,5
Lote 3		62,4	35,0	27,4	97,4	1,3	0,0	1,3	1,3	0,0	0,8	-0,8	0,8	3,2	0,4	2,8	3,6
Lote 1		70,1	18,0	52,1	88,1	1,0	0,5	0,5	1,5	0,7	1,1	-0,4	1,8	3,4	0,3	3,1	3,6
Lote 2	**jun/23**	54,7	21,7	33,0	76,5	1,0	0,0	1,0	1,0	0,3	0,0	0,3	0,3	3,4	0,2	3,1	3,6
Lote 3		47,5	31,4	16,1	78,9	1,0	0,0	1,0	1,0	0,6	1,0	-0,4	1,5	3,3	0,4	2,9	3,7

O escore de locomoção mais alto (1,3) ocorreu em abril de 2022, para o lote 1, entanto, esse escore ainda é muito baixo, indicando que, em geral, as vacas não tinham problemas de claudicação.

A média do escore de condição corporal variou entre 2,9 e 3,9 com os maiores valores observados para o lote 1, no mês de fevereiro de 2023, já o menor ocorre nos meses de novembro, março e abril. Esses escores mais elevados indicam que os animais estavam com boas reservas energéticas durante esse período, porém escores mais altos podem gerar complicações e distúrbios metabólicos nos animais de alta produção, logo o ideal é que o escore fosse de 2,5 a 3,5, sendo para pico de lactação no mínimo de 2,25 a 2,5 (PFEIFER, 2021).

Esses índices são indicadores valiosos para avaliar o bem-estar dos animais e a eficácia das estratégias de manejo. As variações observadas, especialmente no índice de conforto, sugerem que o ambiente térmico tem um papel significativo nas condições físicas dos animais, e pode ser necessário ajustar o manejo durante períodos de calor intenso. Além disso, os escores de higiene e locomoção requerem a necessidade de monitoramento contínuo do bem-estar físico.

Na Figura 10 observa-se que a temperatura de globo nos três lotes acompanhou uma tendência sazonal ao longo do ano, com elevação gradual a partir de julho (mês 1), atingindo os valores mais altos entre os meses 6 e 8 (dezembro e fevereiro), quando as médias superaram os 26°C. Esse aumento das temperaturas de globo observado entre os meses de dezembro a fevereiro, está diretamente relacionado ao período do verão, caracterizado por maior incidência de radiação solar, elevação da temperatura do ar e aumento da umidade relativa. Essa sazonalidade típica do clima tropical favorece o acúmulo de calor nos ambientes confinados, especialmente em estruturas com cobertura ampla e grande retenção térmica, como os galpões do tipo compost barn (AZEVÊDO e ALVES, 2009).

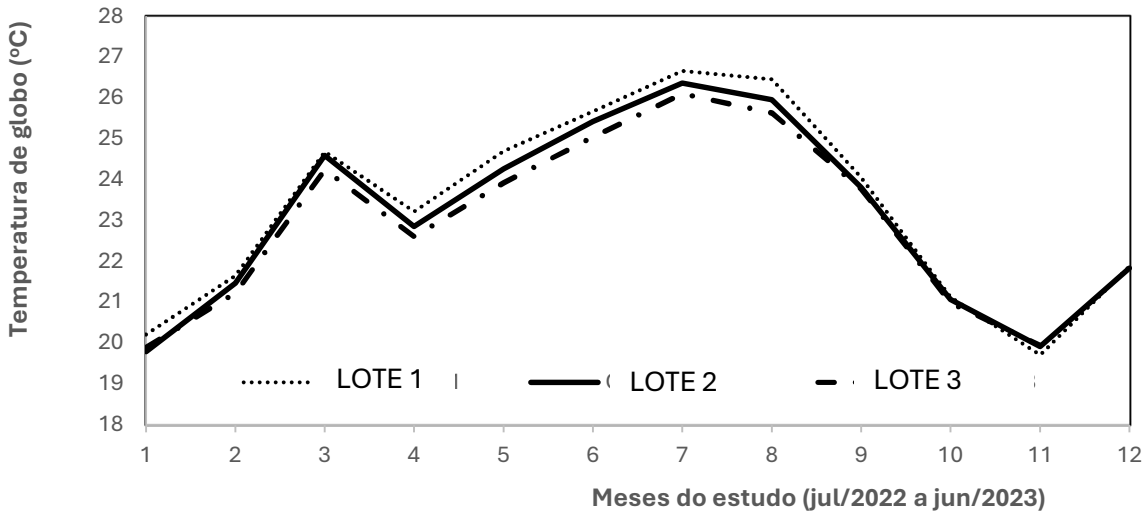

Figura 10. Temperatura de globo média mensal

Por outro lado, os valores mais baixos foram registrados entre os meses 11 e 12 (maio e junho), com médias próximas a 20°C (Figura 11). Essa redução de temperatura, é caracterizada pelo período de transição, final do outono e início do inverno. Essa época é caracterizada pela menor incidência de radiação solar, temperaturas do ar mais amenas e noites mais longas (GUIMARÃES, 2022). Essa redução de temperatura no confinamento, favorece um microclima mais confortável para os animais. A semelhança entre as curvas para as áreas dos três lotes indica condições ambientais similares, com pequenas variações provavelmente atribuídas a diferenças de incidência solar direta em alguns lotes ou também em função de diferentes eficiências de ventilação entre os lotes.

Observou-se que as umidades relativas nas áreas dos três lotes apresentaram uma tendência sazonal ao longo do período analisado. Os valores aumentaram gradualmente a partir do mês 1 (julho), atingindo os picos entre os meses 5 e 6 (novembro e dezembro), com médias próximas ou superiores a 80%, especialmente na parte do galpão ocupada pelo lote 3 (Figura 11), que se situava próximo ao curral de espera e sala de ordenha e estava mais sujeito à influência da evaporação da água de lavagem dessas áreas. Essa elevação também coincide com o período mais chuvoso do ano, característico do final da primavera e início do verão, quando há maior aporte de umidade atmosférica.

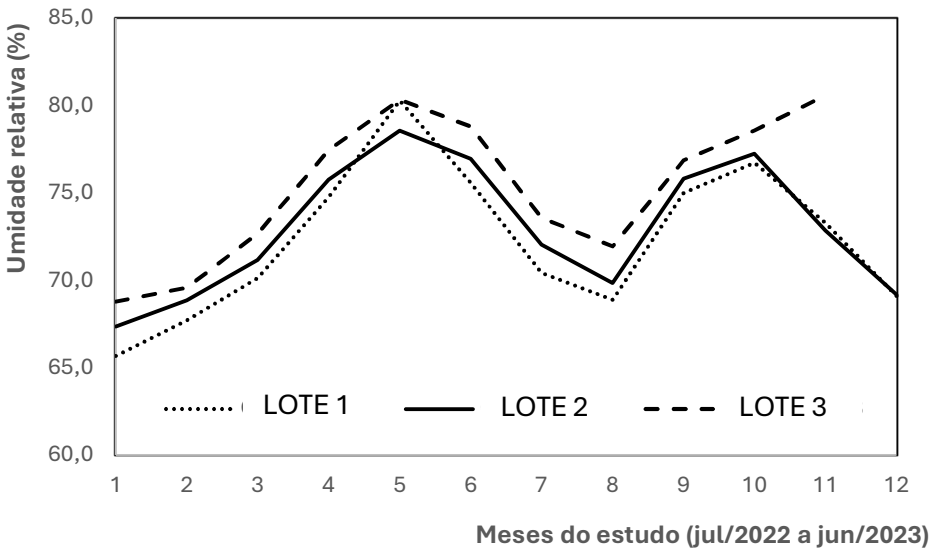

Figura 11. Umidade relativa do ar

Entre os meses 7 e 8 (janeiro e fevereiro), observou-se uma queda nos níveis de umidade relativa, provavelmente associada à diminuição das chuvas naquele período e ao aumento da temperatura e da radiação solar, que favorecem a evaporação. A partir do mês 9 (março), os valores voltaram a subir, alcançando novamente níveis elevados nos meses 10 e 11 (abril e maio), antes de uma nova queda acentuada no mês 12 (junho), que apresenta os menores índices do período entre 65% e 70% qual pode ter sido influenciado ao período de outono.

A Figura 12 demostra a variação de temperatura da cama, ao longo do período avaliado, observa-se que a temperatura da cama apresentou variações entre as áreas dos lotes, com tendência geral de elevação no mês 3 (setembro), porém ocorreu uma queda brusca no mês 5 (novembro), essas flutuações podem estar relacionadas a fatores externos (sazonalidade) e internos de manejo, como frequência de revolvimento da cama, densidade animal, umidade do material orgânico, taxa de compactação e eficiência do sistema de ventilação. Entre os meses 7 e 9 (janeiro e março), ocorreu novo aumento na temperatura, atingindo valores máximos próximos a 31 °C, especialmente nos Lotes 1 e 2.

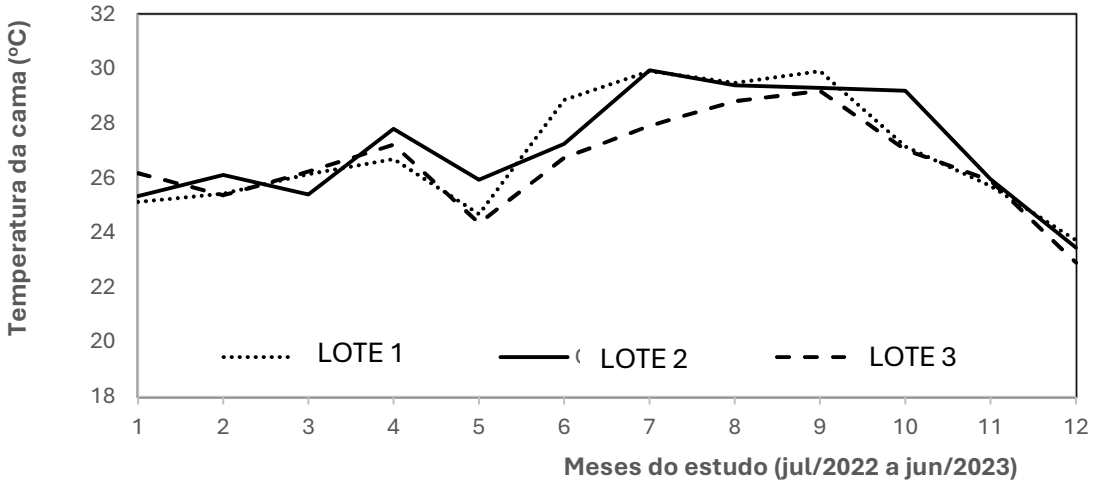

Figura 12. Temperatura da cama

Também para a temperatura da cama nota-se também que as áreas dos três lotes seguiram um padrão semelhante, embora com pequenas diferenças entre si, principalmente entre os meses 5 a 9 (novembro a março), indicando possíveis alterações no manejo de cada lote. A partir do mês 10, houve uma redução consistente na temperatura da cama sugerindo melhoria na aeração ou mesmo uma alteração na cama do confinamento como podendo ser uma renovação ou adição de cama.

A umidade da cama como demostra a Figura 13, apresentou variações consideráveis entre os lotes ao longo do período avaliado. Os valores oscilaram entre aproximadamente 40% e 55%, mantendo-se, na maior parte do tempo, dentro da faixa recomendada para sistemas compost barn. De acordo com Zanetoni (2022), o ideal para uma cama de compost barn é que o teor de umidade se situe entre 40 e 60%.

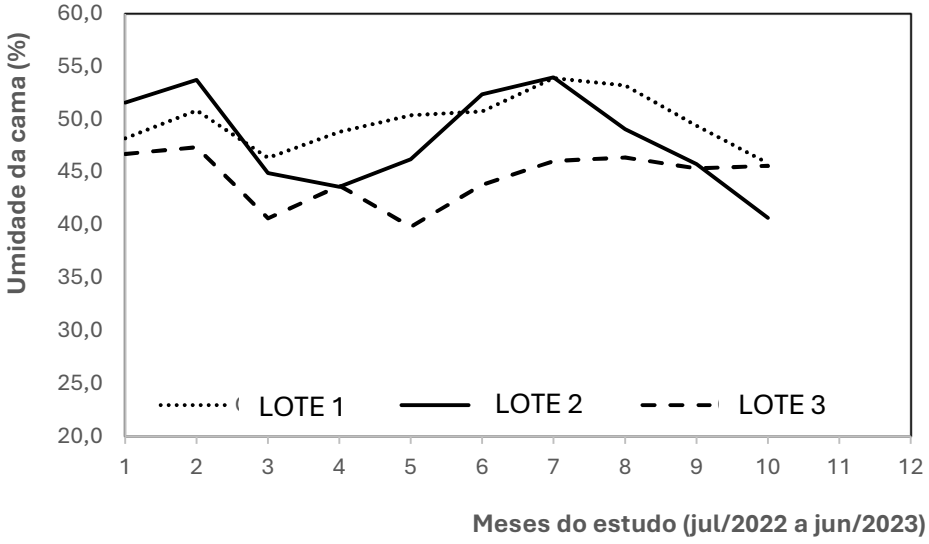

Figura 13. Umidade da cama

A cama do lote 1 manteve um padrão mais estável de umidade, com menor amplitude de variação, enquanto do lote 2 apresentou queda mais acentuada no mês 4, atingindo inferior a 40%. Já para o lote 3 a cama apresentou um grau de variação maior, sendo que nos meses 3 e 5 (setembro e novembro) se aproximou dos menores valores apresentados para a taxa ideal de (40%). Isto pode ter sido influenciado pelo pequeno número de animais do lote 3, somente nos quatro primeiros meses (julho a outubro) o número de animais neste lote foi maior que o dos demais.

A análise da velocidade do vento sobre lotes (Figura 14), mostra variações expressivas ao longo do período avaliado. A área do lote 2 apresentou, de forma consistente, as maiores médias de velocidade do vento, alcançando picos superiores a 2,5 m/s nos meses 7 e 9 (janeiro e março), indicando um sistema de ventilação mais eficiente. Já na á destinada ao lote 3 observou-se velocidade do vento intermediários, com os valores de 2,0 m/s. Por outro lado, a área do lote 1 apresentou os menores valores médios de ventilação, nos meses 1 e 3 (julho e setembro), chegando a 1,0 m/s. A partir do mês 4 (outubro) ocorrem um acréscimo da velocidade do vento, permitindo a chegar a 2,0 m/s ou mais, o que pode indicar menor eficiência do sistema de ventilação ou mesmo os efeitos da maior restrição, onde os ventiladores em certas épocas eram desligados para economia de energia nos dias de temperatura mais amena. A ventilação natural também pode ter contribuído para as alterações observadas.

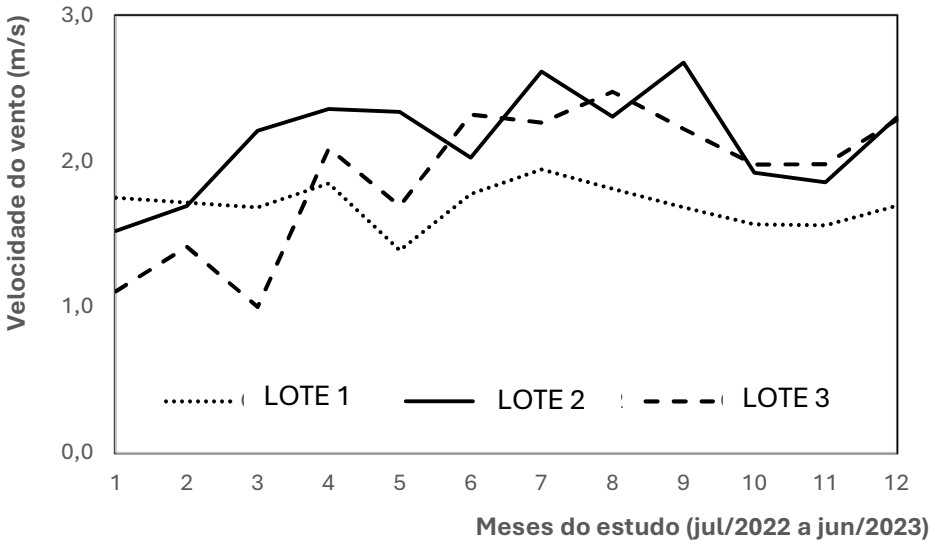

Figura 14. Velocidade do vento

A diferença nas velocidades do vento para os diferentes lotes pode ser explicada pelo posicionamento de cada lote em relação aos ventiladores e por diferença na eficiência dos ventiladores. A ventilação é um dos fatores mais críticos para o conforto térmico e a eficiência da compostagem no sistema compost barn. Valores abaixo de 2,0 m/s podem ser insuficientes para garantir uma adequada secagem da cama, além das melhorias na dissipação do calor e da umidade produzidos pelos animais. Assim, os dados demonstram a necessidade de ajustes no manejo dos ventiladores, para obedecer os padrões mínimos recomendados para sistemas de confinamento, com velocidades do vento em torno de 2,0 a 3,0 m/s segundo (DAMASCENO, 2020).

Na Figura 15 observa-se o gráfico de variação mensal da temperatura de globo (°C) e da frequência respiratória (movimentos por minuto) de vacas nos lotes 1 a 3, no período de julho de 2022 a junho de 2023. O gráfico apresenta, de forma integrada, a média mensal da temperatura de globo (linhas) e a frequência respiratória dos animais (barras) nos três galpões analisados. A temperatura de globo, representada pelas linhas tracejadas e contínuas, acompanha uma tendência sazonal, com aumento gradual a partir do mês 1 (julho), atingindo os valores mais elevados entre os meses 6 e 8 (dezembro a fevereiro), período correspondente ao verão, e posterior queda nos meses finais (maio e junho).

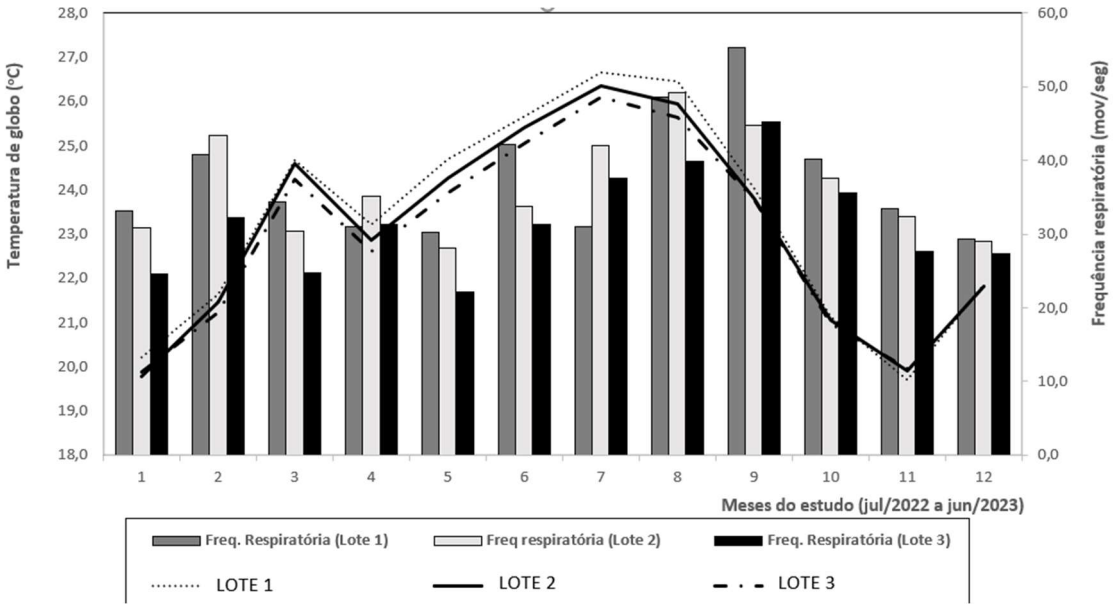

Figura 15. Gráfico de frequência respiratória

A frequência respiratória dos animais segue uma tendência similar à variação da temperatura de globo, evidenciando a influência direta das condições térmicas ambientais sobre a fisiologia dos bovinos. Nos meses de maior calor sendo os meses 7, 8 e 9 (janeiro a março), observa-se um aumento significativo na frequência respiratória, especialmente no Lote 1, nos meses 7 e 8 (janeiro e fevereiro) que atinge valores superiores a 50 movimentos por minuto. Esse aumento indica um esforço termorregulatório por parte dos animais para dissipar o excesso de calor, caracterizando uma condição de estresse térmico moderado a severo (PIRES, 2006).

Por outro lado, os meses de menor temperatura de globo foram 1 e 11 (julho e maio), nos mesmos a frequência respiratória dos animais apresentou-se reduzida, com médias menores que 20 mov./min, valores compatíveis com a zona de conforto térmico dos bovinos, qual a zona de conforto termino desses animais seria com a temperatura do ar seja menor que 24 °C e com uma frequência respiratória entre 24 a 36 mov./min.

Vale destacar que os animais do lote 1 apresentaram, de modo geral, as maiores frequências respiratórias ao longo do ano, sugerindo menor eficiência no controle do microclima interno, enquanto o lote 3 manteve os valores mais baixos, possivelmente associado a melhores condições de ventilação ou densidade animal reduzida.

A interação entre a elevação da temperatura ambiente e o aumento da frequência respiratória reforça a importância do monitoramento desses indicadores como ferramentas práticas para a avaliação do bem-estar térmico em sistemas de confinamento tipo compost barn.

A Figura 16 apresenta a relação entre a temperatura de globo (linhas) e a temperatura corporal (barras) dos animais ao longo de doze meses de avaliação. Observa-se que a temperatura de globo apresentou elevação gradual a partir do mês 1 (julho), alcançando picos entre os meses 7 e 8 (janeiro e fevereiro), período correspondente ao verão, e redução a partir do mês 9, atingindo os menores valores nos meses 1 e 11 (julho e maio/2023). A temperatura corporal superficial das vacas manteve-se relativamente estável durante a metade do ano, nos meses de setembro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março com médias variando de aproximadamente 35,5 a 37,5 °C, qual pode ter sido influenciada na hora da coleta, pois as vacas eram molhadas enquanto permaneciam na sala de espera, e a coleta de temperatura superficial era feita durante a ordenha.

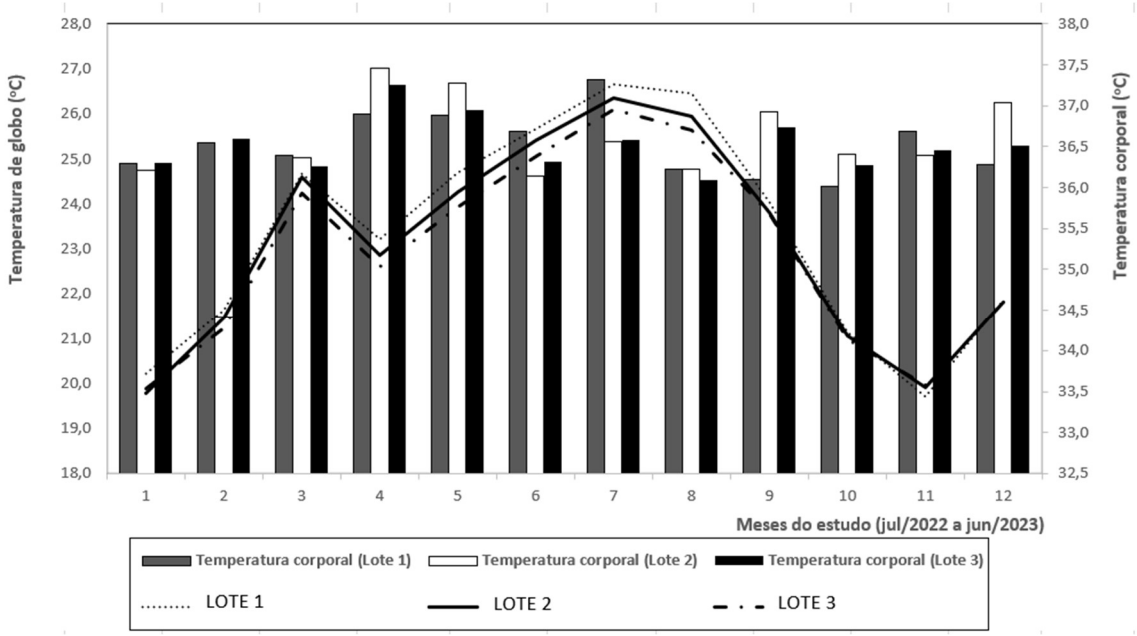

Figura 16. Temperatura corporal superficial de vacas em compost barn

No entanto, nota-se um leve aumento nos meses em que a temperatura de globo foi mais elevada, principalmente nos meses 6, 7 e 8 (dezembro a fevereiro) indicando uma possível influência do calor ambiental sobre a homeotermia dos animais. Em contrapartida, nos meses com menor temperatura de globo são 1 e 11 (julho e junho), observa-se uma discreta redução da temperatura corporal, aproximando-se dos valores basais de conforto térmico.

De modo geral, as variações da temperatura corporal entre os lotes foram pequenas, sugerindo que os mecanismos fisiológicos de termorregulação conseguiram manter a homeotermia dentro de limites aceitáveis, mesmo durante os períodos mais quentes. Entretanto, valores próximos a 37,5 °C observados nos meses mais quentes indicam que os animais podem ter experimentado estresse térmico leve a moderado, assim podendo sofrer um estresse maior, e sair da zona de confroto térmico.

A Figura 17 traz o gráfico com as variáveis variação mensal da temperatura de globo (°C) e índice de conforto (%) dos lotes 1, 2 e 3, no período de julho de 2022 a junho de 2023. A relação entre a temperatura de globo (linhas) e o índice de conforto dos animais (barras) ao longo de doze meses de monitoramento. Observa-se que a temperatura de globo aumentou gradualmente a partir do mês 1 (julho), atingindo valores máximos entre os meses 6 e 8 (dezembro a fevereiro), quando se aproximou

ou superou os 26 °C, e apresentou queda progressiva a partir de março, alcançando os menores valores nos meses 11 e 12 (maio e junho).

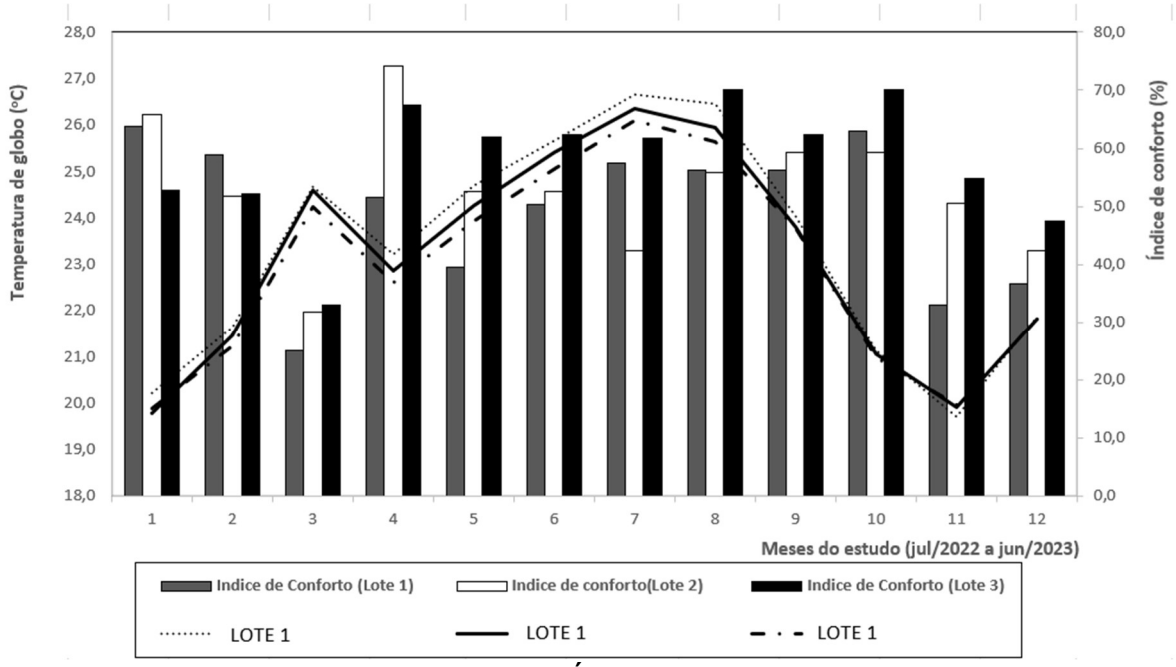

Figura 17. Índice de conforto

O índice de conforto apresentou comportamento inversamente proporcional à temperatura de globo: nos meses mais quentes 6 a 8 (dezembro a fevereiro), quando a temperatura de globo foi mais elevada, o índice de conforto tendeu a diminuir, refletindo condições de maior estresse térmico para os animais. Essa redução indica que o microclima interno dos galpões estava menos favorável ao bem-estar, possivelmente exigindo maior esforço termorregulatório dos bovinos. Por outro lado, nos meses de menor temperatura de globo nos meses 1, 4, 11 e 12 (julho, outubro, maio e junho), o índice de conforto foi mais elevado, sugerindo que as condições ambientais estavam mais próximas da zona de conforto térmico para os lotes avaliados.

Apesar de a tendência geral ser semelhante entre os três lotes, observam-se pequenas diferenças nos valores do índice de conforto, que podem estar associadas a fatores como eficiência do sistema de ventilação, densidade animal, incidência solar em partes do galpão e manejo da cama. O lote 3 apresentou, de forma geral, valores ligeiramente superiores de índice de conforto, o que sugere um ambiente interno mais favorável ao bem-estar animal. Porem deve ser levar em conta que os animais mais produtivos apresentam uma maior produção de calor endógeno qual e o lote 1.

Na Figura 18, observa-se no gráfico biplot o componente 1 (PCA 1) no eixo horizontal (x) explicando 39,84% da variação dos dados e apresentando maior correlação com as variáveis velocidade do vento (vv), temperatura do ar (tar), temperatura da cama (tcama) e frequência respiratória (fresp). O eixo vertical (y), relativo ao componente 2 (PCA 2), explicou 26,82% da variação, estando mais fortemente associado à temperatura corporal (tcorp) e à umidade relativa do ar (urar). De modo geral, pontos localizados na mesma direção das setas indicam valores mais altos com correlação positiva como as variáveis originais, para as variáveis correspondentes, enquanto pontos no sentido oposto com varia indicam correlações com valores original mais baixos. Essa relação permite identificar padrões sazonais e diferenças de microclima e manejo entre os lotes, sendo uma ferramenta importante para interpretar o balanço térmico e ambiental ao longo do ano.

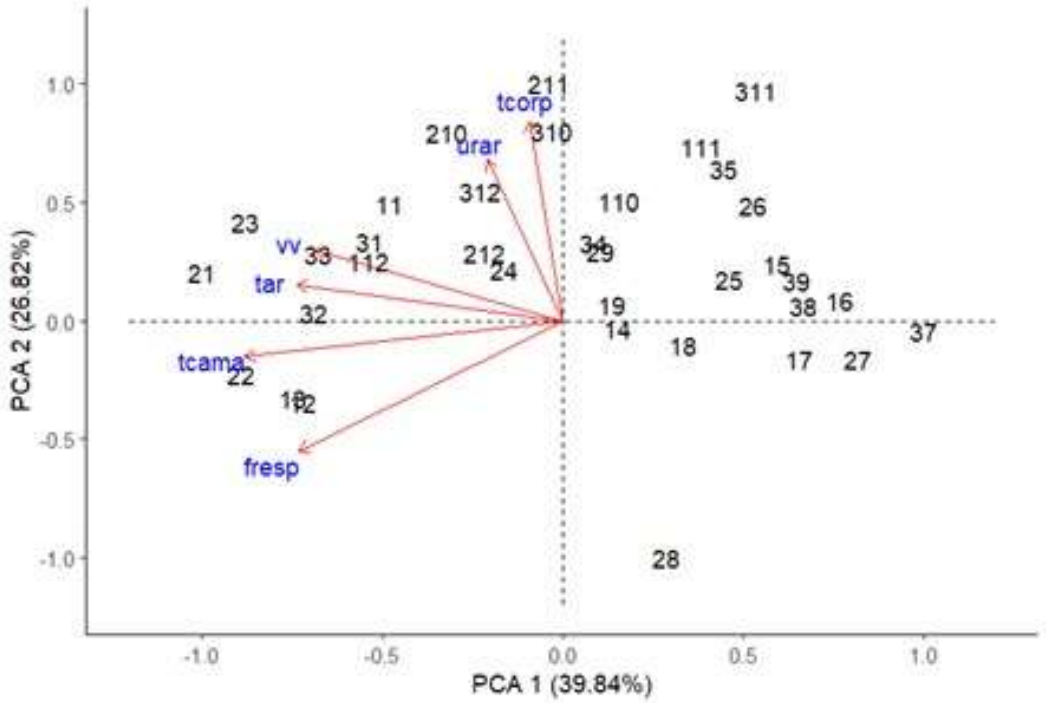

Figura 18. Gráfico biplot

Tomando como exemplo o ponto 28 (lote 2 do mês de agosto), observa-se que ele está no extremo inferior da ordenada, ou seja, em posição oposta às setas de temperatura corporal e umidade relativa. Isso indica que este lote apresentou um valor maior para PCA 2 (Figura 18) negativamente, o que significa que apresenta menor

temperatura corporal e menor umidade relativa do ar nesse período, sugerindo que houve um balanço térmico favorável.

O ponto 37 (lote 3 do mês de julho), que se encontra na extremidade positiva do PCA 1 (Figura 18), apresenta carga alta para componente 1, o significa que tem uma carga baixa para frequência respiratória, baixa temperatura da cama, baixa temperatura do ar e baixa velocidade do vento, pois está em sentido oposto às setas dessas variáveis. Isso sugere um ambiente mais estável e controlado, com menos interferências térmicas. Provavelmente o lote se manteve em condições mais amenas durante julho, assim possibilitando maior bem-estar.

O lote 3 do mês de novembro (Figura 18), apresenta uma alta carga com as variáveis de temperatura do ar, temperatura da cama e velocidade do vento (componente principal 1), o que significa que, em novembro, ele estava em condições de maior variação térmica. A proximidade do ponto com a parte superior indica que, nesse mês, houve valores mais altos de temperatura corporal e umidade relativa em comparação com outros meses. O lote provavelmente experimentou condições climáticas menos favoráveis, com uma temperatura ambiental mais alta e maior umidade relativa.

Conforme mencionado, também foi realizado uma análise multivariada de componentes principias, representa as variáveis ambientais (Velocidade do vento, temperatura do ar, temperatura da cama e frequência respiratória e fisiológicas (temperatura corporal e umidade relativa do ar, que impactariam no bem estar dos animais. Foram avaliadas a temperatura do ar, velocidade do vento, temperatura da cama e frequência respiratória. Analisando o gráfico (Figura 19) é possível observar que houve elevadas correlações negativas com as variáveis temperatura do ar, velocidade do vento, temperatura da cama e frequência respiratória.

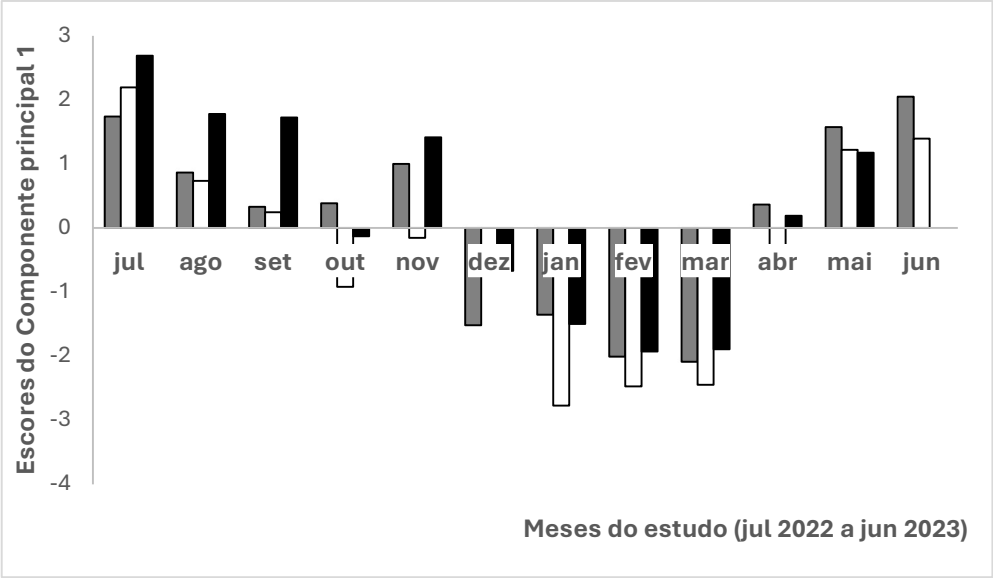

Figura 19. Componente principal 1

O gráfico em colunas (Figura 19) mostra os escores do componente principal 1 para os três lotes (lote 1, lote 2 e lote 3), sendo representados respectivamente nas cores cinza, branco e preto. Embora o gráfico mostre uma variação mensal, os meses não devem ser interpretados como variáveis contínuas, mas sim como pontos no tempo que refletem os escores de cada componentes correlacionados às variáveis ambientais e fisiológicas, originais.

Na análise multivariada, a captura da variabilidade foram as variáveis correlacionadas, no gráfico biplot. Essas associações de correlações negativas com as variáveis mencionadas. Portanto, quando o escore desse componente é elevado, os valores das variáveis originais com as quais ele está negativamente correlacionado serão baixos. Isso é exemplificado nos dados de julho, quando os escores para o componente 1 elevados do lote 3 indicam baixos valores na frequência respiratória, temperatura do ar, velocidade do vento e temperatura da cama para esse lote, seguido pelo lote 2 e, por último, o lote 1, que apresenta os escores mais baixos e, consequentemente, uma frequência respiratória temperatura do ar, velocidade do vento e temperatura da cama mais alta, porem a correlação ainda apresentou ser negativa para o componente principal 1.

As variáveis ambientais apresentam comportamentos distintos que influenciam diretamente o conforto térmico dos animais. Quando o escore do componente é elevado, a temperatura do ar tende a ser relativamente baixa, o que pode ser interpretado como uma condição favorável ao bem-estar. Nos meses de menor

escore, entretanto, observa-se aumento da temperatura do ar, o que intensifica o estresse térmico e leva a uma maior necessidade de ventilação e aumento da frequência respiratória. A mesma relação negativa é observada em relação à velocidade do vento, pois escores elevados estão associados a menores velocidades, o que indica ventilação insuficiente, favorecendo o acúmulo de calor e exigindo maior esforço respiratório por parte dos animais. De forma semelhante, a temperatura da cama acompanha essa tendência, uma vez que escores mais altos correspondem a temperaturas de cama mais baixas. Quando a cama apresenta temperaturas elevadas, o ambiente torna-se mais quente para as vacas, o que também contribui para o aumento da frequência respiratória como mecanismo de dissipação de calor.

Como demonstrado no mês de julho, tanto os lotes 1 quanto 2 apresentaram escore elevado, com lote 3 tendo o escore mais alto, levando em conta que esse lote era de animais que possuía menor produção, onde a exigência para produção e menor e logo sobra para manutenção, onde o escore do animal fica mais alta. Isso indica que, nesses lotes, as variáveis de temperatura, ventilação e frequência respiratória estavam em níveis mais favoráveis, refletindo menor estresse térmico. Em contrapartida, no lote 1, o escore foi mais baixo, sugerindo que a frequência respiratória foi mais alta devido ao ambiente menos confortável e com maior carga térmica, uma vez que a correlação é negativa.

Devido às suas maiores correlações positivas com as variáveis umidade relativa e temperatura corporal, a análise do componente principal 2, demonstrou correlações negativas elevadas com essas mesmas variáveis (Figura 20). Isso significa que escores mais baixos estão associados a valores reduzidos de temperatura corporal e umidade relativa. Essa característica permite comparar o comportamento de cada lote ao longo dos meses do estudo (julho de 2022 a junho de 2023). Por exemplo, observou-se que em julho, agosto e fevereiro apresentou todos os lotes com escore extremamente negativo, indicando menor temperatura corporal e umidade relativa, possivelmente resultado de condições ambientais mais secas e frias. Em contrapartida, nos meses de outubro e novembro, todos os lotes apresentaram escores positivos elevados, sugerindo maior umidade e temperaturas corporais mais altas, possivelmente associadas a condições climáticas mais quentes e úmidas em relação aos demais.

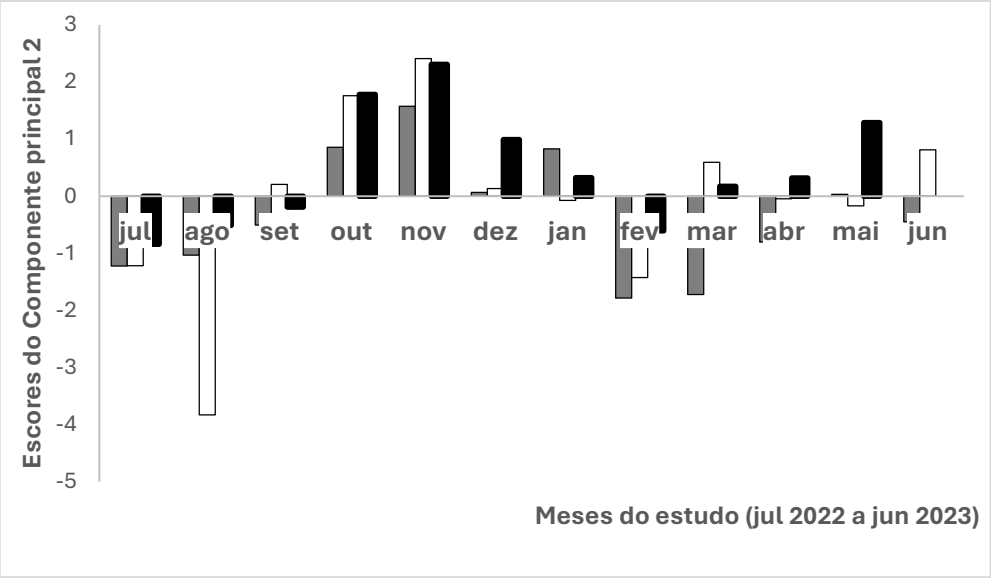

Figura 20. Componente principal 2

No verão, dezembro, janeiro e fevereiro registraram quedas acentuadas em alguns lotes, o que pode refletir períodos de instabilidade térmica ou manejo específico que afetou o equilíbrio entre umidade e temperatura corporal.

6. CONCLUSÕES

Os resultados indicaram que, apesar de algumas variações sazonais e mensais, o sistema compost barn proporcionou condições de conforto térmico relativamente boas para os animais, especialmente nos meses mais frescos do ano. No entanto, nos meses mais quentes, como janeiro e fevereiro, a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar ultrapassaram os limites ideais, provocando estresse térmico nos animais, evidenciados pela elevação da frequência respiratória e temperatura corporal.

Além disso, a ventilação foi identificada como um fator crítico para o conforto térmico. Nas áreas lotes com maior eficiência de ventilação, os animais apresentaram melhores condições de bem-estar, como menor frequência respiratória e temperatura corporal mais estável. O manejo da cama também se mostrou eficaz, com temperaturas adequadas e umidade controlada, contribuindo para um ambiente saudável e confortável para as vacas.

7. REFERÊNCIAS

ABREU, P. G. A.; ABREU. V. M. N.; FRANCISCON, L. et al. **ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DE GLOBO NEGRO A PARTIR DA TEMPERATURA DE BULBO SECO.** REVENG 557-563 p. Engenharia na agricultura, viçosa - mg, V.19 N.6, NOVEMBRO / DEZEMBRO 2011.

AZEVÊDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. **BIOCLIMATOLOGIA APLICADA À PRODUÇÃO DE BOVINOS LEITEIROS NOS TRÓPICOS.** Embrapa, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/664507/1/documento188.pdf>. Acesso em 19 agos. 2025.

BERRUY, S. L. **ESCORE DE LOCOMOÇÃO PARA VACAS DE LEITE.** AVAILA, 2001.

CARDOSO, G. M.; MELO, Jr. A. M.; BARROS, N. O. et al. **MANEJO DA CAMA DE COMPOST BARN PARA REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA**. Comunicado técnico, Embrapa Gado de Leite. 2025. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1172300/1/Manejo-da-cama-de-compost-barn.pdf>. Acesso em 15 jun. 2025.

CASTRO, A. L. O.; CARVALHO, C. C. S.; RUAS, J. R. M. et al. **Parâmetros fisiológicos de vacas F1 Holandês x Zebu criadas em ambientes com e sem sombreamento.** Arq. Bras. Med. Zootec., v.70, n.3, p.722-730**,** 2018.

CONTARINI. P.; FIGUEIREDO, M. **ESPÍRITO SANTO REGISTRA CRESCIMENTO NA PRODUÇÃO DE LEITE, TILÁPIA E MEL EM 2023.** Governo do Espírito Santo, 2024. Disponível em: <https://www.es.gov.br/Noticia/espirito-santo-registra-crescimento-na-producao-de-leite-tilapia-e-mel-em-2023 >. Acesso em: 11 jun. 2025.

COSTA, D. A.; SANTOS, V. M.; OLIVEIRA, A. V. et al. **EFEITO DA SAZONALIDADE SOBRE AS RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E PRODUTIVAS DE VACAS LEITEIRAS MESTIÇAS AO CLIMA AMAZÔNICO EQUATORIAL**. Zootecnia Artigo científico, 2022.

DAMASCENO, F. A. **COMPOST BARN COMO ALTERNATIVA PARA PECUARIA LEITEIRA.** Divinópolis: Adelante, 2020. 394p.

DANTAS, M.R.T.; SOUZA, Jr. J. B. F.; DOMINGOS, H. G. T. et al. **Termorregulação de bovinos em ambiente tropical: uma abordagem com ênfase nas respostas fisiológicas**. PUBVET, Londrina, V. 6, N. 7, Ed. 194, Art. 1306, 2012.

Ferreira, F.; PIRES M. F. A.; MARTINEZ M.L et al. **Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico**., Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. v.58, n.5, p.732-738, 2006.

LEITE INTEGRAL. **COMPOST BARN: tudo o que você precisa saber!,** revista digital, 2023.

LOBECK, K.M.; ENDRES, M.I.; SHANE, E. M. **Bem-estar animal em estábulos leiteiros com ventilação cruzada, cama de composto e ventilação natural no alto Centro-Oeste.** Revista de Ciência de Laticínios. Volume 94, Edição 11 ,Novembro de 2011, Páginas 5469-5479

MELO, L. **COMPOST BARN: DIAGNÓSTICO DA CAMA E CRITÉRIOS PARA SUBSTITUIÇÃO.** Agroceres 2021. Disponível em: <https://agroceresmultimix.com.br/blog/compost-barn-diagnostico-da-cama-e-criterios-para-substituicao/>. Acesso em: 14 jun. 2025.

MILKPOINT, **FERRAMENTAS PARA AVALIAR A LIMPEZA DE VACAS ALOJADAS EM COMPOST BARN.** JASaúdeAnimal, 2021. Disponível em: https://www.jasaudeanimal.com.br/noticias/ferramentas-para-avaliar-a-limpeza-de-vacas-alojadas-em-compost-barn Acesso em: 14 jul. 2025.

MORAES, J. C. F.; JAUME, C.M.; SOUZA, C. J. H. **BOVINOS CONDIÇÃO CORPORAL E CONTROLE DE FERTILIDADE,** Embrapa, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/228455/1/bovinoscondicaocorporalcontrolefertilidade.pdf>. Acesso em: 19 agos. 2025.

MOTA, V. C.; ANDRADE, E. T.; **LEITE, D. F. SISTEMA DE CONFINAMENTO COMPOST BARN: INTERAÇÕES ENTRE ÍNDICES DE CONFORTO, CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS, ESCORE DE HIGIENE E CLAUDICAÇÃO.** V. 23, n. 1cont., e2308, 2020. Disponível em: <https://unipar.openjournalsolutions.com.br/index.php/veterinaria/article/view/6969/3990>. Acesso em: 14 jul. 2025.

NAPOLITANO, M. **PRÉVIA IBGE: CAPTAÇÃO DE LEITE ACELERA NO BRASIL.** Milkpoint, 2025. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/panorama-mercado/previa-ibge-captacao-de-leite-acelera-no-brasil-238066/>. Acesso em 10 jun. 2025.

NOGARA, K.F.; BUSANELLO, M.; AUGUSTO, J. et al. **INFLUÊNCIA DO NÍVEL DE PRODUÇÃO, NÚMERO E ESTÁGIO DE LACTAÇÃO NA QUALIDADE DO LEITE**

EM SISTEMAS DE COMPOSTAGEM, 2024. Disponível em: < www.scielo.br/aabc >. Acesso em: 12 jun. 2025.

OLIVEIRA, C. P.; SOUZA, F. C.; SILVA, A. L. et al. **Estresse por calor em vacas leiteiras: impactos, identificação e estratégias de mitigação.** Animais (Basileia). 17 jan. 2025;15(2):249. Disponível em: <10.3390/ani15020249>. Acesso em 23 agos. 2025.

PFEIFER, L. F. L M.; SILVA, K. A. **ÍNDICE DE ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL (IECC): FERRAMENTA PARA MONITORAR ECC E AUMENTAR A PRODUTIVIDADE EM REBANHOS LEITEIROS.** Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1136313/1/cpafro-18621.pdf>. Acesso em 19 agos. 2025.

PIOVESAN, S. M.; OLIVEIRA, D. S. **FATORES QUE INFLUENCIAM A SANIDADE E CONFORTO TÉRMICO DE BOVINOS EM SISTEMAS COMPOST BARN.** 2019. Disponível em: < file:///C:/Users/santo/Downloads/fernanda,+Revista+Viv%C3%AAncias+n.+30%20(1).pdf>. Acesso em: 15 jul. 2025.

PIRES, M. F. A. **MANEJO NUTRICIONAL PARA EVITAR O ESTRESSE COLÓRICO.** Embrapa, 2006. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~freitasjaf/artigos/manestrescal.pdf>. Acesso em: 19 agos. 2025.

PORTO, M. **ESTRESSE TÉRMICO EM BOVINOS DE LEITE: QUAL O IMPACTO DELE NA PRODUÇÃO?** Dsm-firmenich, 2020. Disponível em: <https://apecuariadeprecisao.com.br/blog/efeito-do-estresse-termico-em-bovinos-de-leite-o-que-porque-como-afeta-aproducao/>. Acesso em 16 jul. 2025.

ROCHA, D. T.; CARVALHO, G. R.; RESENDE, J. C. **CADEIA PRODUTIVA DO LEITE NO BRASIL: PRODUÇÃO PRIMÁRIA.** Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/projeto-e-dimensionamento-de-compost-barn-226923/>. Acesso em: 14 jun. 2025.

RODRIGUES, R. **COMPOST BARN E MASTITE: O QUE PRECISAMOS SABER?** Canal do leite. 2023. Disponível em: <https://canaldoleite.com/artigos/compost-barn-e-mastite-o-que-precisamos-saber/?utm >. Acesso em: 14 jun. 2025.

SALDANHA, M. **COMPOST BARN: O QUE É, MANEJO E COMO FAZER EM PEQUENAS PROPRIEDADES.** Dsm-firmenich. 2020. Disponível em: <https://apecuariadeprecisao.com.br/blog/compost-barn-o-que-e-manejo-projeto-em-pequenas-propriedades/>. Acesso em 15 jun. 2025.

SANTOS, F. F.; OLIVEIRA, R. A. P.; GUIMARÃES, C. R. R. **BEM-ESTAR E COMPORTAMENTO ANIMAL EM VACAS LEITEIRAS NO SISTEMA COMPOST BARN.** Revista Novos Desafios – v.4, n.1, 2024, p. 64 ISSN 2764-1724

SILVA Jr, J. M.; CARRARA, D. K.; ALMEIDA, J. L. **SISTEMA COMPOST BARN: HISTÓRICO, CARACTERÍSTICAS E PLANEJAMENTO**. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL, 2022. Disponível em: <https://ead.senar.org.br/storage/senar-play/297-sistema-compost-barn-historico-caracteristicas-e-planejamento/297-Cartilha-Senar_reduzido.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2025.

ZANETONI, H. H. R.; BAÊTA, F. C.; SOUZA, F. C. et al. **CARACTERIZAÇÃO DA CAMA UTILIZADA EM SISTEMAS COMPOST BARN.** Brazilian Journal of Animal and Environmental Research. 2022. Disponível em: < https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/54658/40380>. Acesso em: 14 jul. 2025.

ZOCCAL, R. **A ATIVIDADE LEITEIRA RETRATADA NO CENSO AGROPECUÁRIO 2017.** Balde branco, leite em números, 2018. Disponível: < https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1097235/1/A-atividade-leiteira-retratada-no-censo-agropecuario-2017.pdf>. Acesso em 12 jul. 2025.

GOMES, S. T. **INTENSIFICAR, OU NÃO, O SISTEMA DE PRODUÇÃO DE LEITE?,** MILKOPOINT, 2004**.** Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/espaco-aberto/intensificar-ou-nao-o-sistema-de-producao-de-leite-21249/>. Acesso em: 30 agos. 2025.

ALMEIDA., J.V.N.; MARQUES, L.R.; MARQUES, T.C. ET AL. **INFLUÊNCIA DO ESTRESSE TÉRMICO SOBRE OS ASPECTOS PRODUTIVOS E REPRODUTIVOS DE BOVINOS – REVISÃO**. Research, Society and Development, v. 9, n. 7, e230973837, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3837>. Acesso em: 30 agos. 2025.

IORIO, J. D.; SARANDRIA, M.I.; BOTTARO, T. et al. **TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE CORPORAL E NÍVEL DE RUÍDO COMO POTENCIAIS INDICADORES AMBIENTAIS DE BEM-ESTAR ANIMAL EM VACAS LEITEIRAS.**

Engormix.com / Laticínios / Bem-estar animal em gado leiteiro, 2024. Disponível em: https://www.engormix.com/lecheria/bienestar-animal-ganado-lechero/temperatura-corporal-superficial-nivel_a53845/?utm>. Acesso em 30 agos. 2025.