

Eficiência e sustentabilidade em instalações para bovinocultura leiteira: uma abordagem para regiões semiáridas

Efficiency and sustainability in dairy farming facilities: an approach for semi-arid regions

Mirelly Kalina Suassuna Sousa¹, Aline Carla de Medeiros², Patrício Borges Maracajá², Wan Walles Pereira Nunes¹ & Raimundo Jackson Nogueira da Silva⁴

- 1- Alunos do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal, Paraíba. E-mails: mirelly_mk@hotmail.com; wanwalles@gmail.com;
- 2- Professores da Pós-Graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal, Paraíba. E-mails: alinecarla.edu@gmail.com e patriciomaracaja@gmail.com.
- 3- Licenciado em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará, campus Fortaleza e Mestre em Educação Profissional e Tecnológica pelo Instituto Federal do Ceará. E-mail: jacksonefi13@gmail.com.

Submetido em: 09/10/2024, revisado em: 15/10/2024 e aceito para publicação em: 04/11/2024.



Resumo: O presente trabalho tem como objetivo geral investigar na literatura as principais abordagens e inovações voltadas para a eficiência e sustentabilidade em instalações para bovinocultura leiteira em regiões semiáridas. A pesquisa foi realizada por meio de uma revisão integrativa da literatura com abordagem qualitativa, utilizando as bases de dados Scopus e Google Acadêmico. Os descritores utilizados para a busca foram "Conforto térmico", "Bovinicultura Leiteira", "Arquitetura", "Sustentabilidade" e "Semiárido". Foram selecionados trabalhos acadêmicos (Livros, Artigos, Monografias, Dissertações e Teses) em português e inglês, sem restrição temporal, que abordassem os desafios e inovações arquitetônicas aplicáveis ao semiárido. Os resultados destacaram a importância do uso de materiais de construção com alta capacidade de isolamento térmico, como bioconstruções com barro e madeira, e o emprego de estratégias de ventilação natural, como a ventilação cruzada, para garantir o conforto térmico dos animais. Sistemas de confinamento, como o Free Stall e o Compost Barn, também foram analisados. O Compost Barn destacou-se por ser mais adaptável às condições climáticas do semiárido e por promover maior liberdade de movimento para os animais, além de facilitar o manejo de resíduos e gerar adubo orgânico de alta qualidade. Conclui-se que as inovações arquitetônicas e tecnológicas discutidas são fundamentais para melhorar a produtividade e garantir o bem-estar dos bovinos em regiões semiáridas, onde as altas temperaturas e a escassez de água representam desafios significativos. A transição para sistemas produtivos mais sustentáveis, que utilizem soluções como o Compost Barn, contribui para a viabilidade econômica e ambiental da pecuária leiteira, além de promover práticas que atendam às demandas de bem-estar animal e eficiência energética.

Palavras-Chave: Arquitetura. Bovinicultura leiteira. Conforto térmico. Semiárido.

Abstract: The present study aims to investigate the main approaches and innovations related to efficiency and sustainability in dairy cattle facilities in semi-arid regions. The research was conducted through an integrative literature review with a qualitative approach, using the Scopus and Google Scholar databases. The search descriptors were "Thermal comfort," "Dairy cattle," "Architecture," "Sustainability," and "Semi-arid." Academic works (books, articles, monographs, dissertations, and theses) in Portuguese and English were selected without time restrictions, addressing the challenges and architectural innovations applicable to semi-arid regions. The results highlighted the importance of using construction materials with high thermal insulation capacity, such as bioconstructions with clay and wood, and the use of natural ventilation strategies, such as cross ventilation, to ensure the animals' thermal comfort. Confinement systems such as Free Stall and Compost Barn were also analyzed. The Compost Barn stood out for being more adaptable to the semi-arid climatic conditions, promoting greater freedom of movement for the animals, facilitating waste management, and generating high-quality organic fertilizer. It is concluded that the architectural and technological innovations discussed are essential for improving productivity and ensuring cattle welfare in semi-arid regions, where high temperatures and water scarcity present significant challenges. The transition to more sustainable production systems that use solutions such as the Compost Barn contributes to the economic and environmental viability of dairy farming, while promoting practices that meet animal welfare and energy efficiency demands.

Keywords: Architecture. Dairy cattle. Thermal comfort. Semi-arid.

1 Introdução

A produção de leite e seus derivados desempenha um papel significativo tanto na oferta de alimentos quanto na geração de empregos e renda para a população. Para os pequenos produtores, o gado tem um valor econômico comparável a uma poupança, o que torna essa atividade uma importante fonte de sustento para as famílias (Altafin et al., 2011). Dada a relevância nutricional do leite, este se destaca como um dos principais produtos da agropecuária brasileira (Lima et al., 2023).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) (2019), o Brasil é o terceiro maior produtor de leite do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da Índia, que ocupam as primeiras posições. Além disso, conforme dados da Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA) (2020), o setor de laticínios obteve um faturamento líquido de R\$ 70,9 bilhões, ficando apenas atrás dos setores de carne e de produtos como café, chá e cereais beneficiados (Lima et al., 2023).

O setor de produção de leite bovino tem passado por grandes mudanças nas últimas décadas, impulsionado pela constante modernização dos sistemas de produção (Silveira; Peters, 2008). A demanda por tecnologias que atendam aos requisitos ambientais, sociais e econômicos tem aumentado, com o objetivo de equilibrar o crescimento da produção com práticas sustentáveis (Souza; Gonçalves, 2023). A incorporação de novas tecnologias e a melhoria dos sistemas de produção têm sido fatores cruciais no avanço da pecuária leiteira.

Vale destacar que a preocupação com o bem-estar animal tem ganhado destaque, especialmente no semiárido, onde o clima desfavorável exige inovações para garantir o conforto térmico dos bovinos. De acordo com Lima et al. (2019), o semiárido é caracterizado por altas temperaturas e escassez de água, fatores que afetam negativamente o conforto dos animais. Assim, torna-se essencial implementar soluções arquitetônicas que mitiguem esses impactos climáticos, uma vez que bem-estar dos bovinos, diretamente relacionado à sua produtividade, é crucial, já que condições inadequadas podem causar estresse térmico, redução no consumo de alimentos, queda na produção de leite e problemas de saúde (Ferreira, 2011). Portanto, o desenvolvimento de estratégias para proporcionar um ambiente mais adequado é vital para o sucesso da pecuária no semiárido.

Nesse contexto, o objetivo geral deste estudo é investigar na literatura as principais abordagens e inovações voltadas para a eficiência e sustentabilidade em instalações para bovinocultura leiteira em regiões semiáridas. Através da análise de estudos e práticas existentes, busca-se identificar soluções arquitetônicas e tecnológicas que promovam o conforto térmico e o bem-estar dos animais, ao mesmo tempo que atendam aos desafios climáticos dessas regiões, como a escassez de água e as altas temperaturas.

A justificativa para a realização deste estudo está fundamentada na necessidade de promover a eficiência e sustentabilidade na bovinocultura leiteira, especialmente em regiões semiáridas, onde os desafios climáticos, como altas temperaturas e baixa disponibilidade de água, afetam diretamente o bem-estar dos animais e a produtividade. A transição para sistemas produtivos mais eficientes e sustentáveis é essencial para garantir a viabilidade econômica da atividade, ao mesmo tempo em que se reduzem os impactos ambientais.

Além disso, o bem-estar dos animais é cada vez mais reconhecido como um fator determinante para a qualidade do leite e para a competitividade no mercado. A busca por soluções arquitetônicas e tecnológicas

que proporcionem melhores condições para os bovinos é de extrema importância, especialmente em regiões com condições adversas.

2 Metodologia

O presente artigo trata-se de uma revisão integrativa da literatura com abordagem qualitativa, que tem como objetivo explorar e analisar criticamente as informações disponíveis sobre um determinado tema.

As revisões integrativas são métodos de pesquisa cuidadosamente elaborados com o objetivo de apresentar o melhor conhecimento disponível sobre um determinado problema de pesquisa (Galvão; Sawada; Mendes, 2003).

A revisão integrativa da literatura tem como propósito sintetizar os resultados obtidos em estudos acerca de um tópico ou questão específica, de maneira sistemática e abrangente. Ela é chamada de "integrativa" porque amplia o conhecimento sobre um determinado tema ou problema, consolidando-o em um corpo de conhecimento. O pesquisador pode desenvolver uma revisão integrativa com diferentes objetivos, como a definição de conceitos, a revisão de teorias ou a análise metodológica de estudos em uma área específica (Ercole; Melo; Alcoforado, 2014).

Conforme Mendes, Silveira e Galvão (2008, p. 761-763), o método utilizado é composto por seis etapas: (1) identificação do tema e seleção da hipótese ou questão de pesquisa; (2) estabelecimento de critérios para inclusão e exclusão de estudos; (3) definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados; (4) avaliação dos estudos incluídos; (5) interpretação dos resultados; (6) apresentação da revisão/síntese do conhecimento.

Para levantamento dos trabalhos acadêmicos foram utilizadas a base da Scopus via (CAPES) e o Google Acadêmico, com os descritores "Conforto térmico", "Bovinocultura Leiteira", "Arquitetura", "Sustentabilidade" e "Semiárido". A princípio, a busca pelos descritores foi dada individualmente, utilizando-se posteriormente os cruzamentos utilizando o operador booleano "and". Ainda assim, para a seleção da amostra, foram válidos os seguintes critérios de inclusão: trabalhos acadêmicos (Livros, Artigos, Monografias, Dissertações e Teses) publicados no idioma português e inglês, sem restrição de tempo, que retratam a temática em estudo.

A realização do levantamento bibliográfico aconteceu no mês de outubro de 2024. Diante dos requisitos supramencionados e excluindo-se os trabalhos repetitivos nas bases de pesquisa utilizadas.

3 Resultados e Discussões

Os resultados deste estudo são apresentados em quatro partes: inicialmente, abordam-se Soluções Construtivas para o Conforto Térmico no Semiárido, com foco em adaptações arquitetônicas para melhorar o ambiente dos animais. Em seguida, analisam-se os Tipos de Confinamento na Pecuária Leiteira e suas implicações para a produtividade. A terceira parte trata de Práticas Eficazes e Inovações Arquitetônicas para o bem-estar térmico dos bovinos. Por fim, o estudo discute o Sistema Compost Barn como uma prática sustentável, destacando seus benefícios ambientais e econômicos.

3.1 Soluções Construtivas Aplicados ao Conforto Térmico em Instalações Pecuárias no Semiárido

No contexto do Semiárido, caracterizado por longos períodos de seca e escassez de água, a construção de instalações pecuárias exige estratégias adaptadas que garantam o bem-estar e a saúde dos animais. Para enfrentar os desafios climáticos adversos, é crucial o uso de materiais e sistemas de ventilação adequados, capazes de criar um ambiente confortável, mitigando os efeitos do calor extremo. Pesquisas indicam (Lamberts et al., 2014; Ferreira et al., 2017; Aranha et al., 2019; Carneiro et al., 2020) que a escolha cuidadosa de materiais e a implementação de soluções arquitetônicas podem impactar diretamente a produtividade e a saúde do rebanho.

Lamberts et al. (2014) definem conforto térmico como o estado de equilíbrio térmico corporal, alcançado quando as trocas de calor entre o corpo e o ambiente são neutras, resultando em uma sensação de satisfação térmica. O autor também enfatiza que, quando um indivíduo está em condições de conforto térmico, ele executa suas atividades, sejam físicas ou mentais, de maneira mais eficiente (Lamberts et al., 2014).

No semiárido e em todo o Brasil, os sistemas de produção de leite e carne demandam a adoção de boas práticas para aumentar a eficiência e rentabilidade dos produtores rurais. Esses sistemas são fundamentados em cuidados essenciais com nutrição, saúde, reprodução e manejo dos animais, que são cruciais para garantir o sucesso e a sustentabilidade da atividade pecuária. Um manejo adequado inclui garantir sombra e água de qualidade e em quantidade suficientes, além de estruturas que facilitem o manejo e movimentação dos animais (Ferreira et al., 2017).

As altas temperaturas influenciam diretamente o desempenho dos bovinos, levando-os a adotarem estratégias fisiológicas de enfrentamento ao estresse térmico, como a redução da ingestão de alimentos, o que diminui a produção de calor metabólico. Essa resposta fisiológica resulta em menor ganho de peso, aumento da idade de abate e, conseqüentemente, elevação dos custos de produção. O estresse térmico também afeta o equilíbrio osmótico e o volume sanguíneo de ruminantes (Aranha et al., 2019).

Dado que o conforto térmico está intimamente ligado ao bem-estar animal, que por sua vez impacta o desempenho produtivo, o clima é um fator crucial nos países semiáridos. É vital evitar que os animais acumulem calor excessivo do ambiente. Para promover o conforto térmico adequado, é necessário implementar medidas como garantir sombra, água fresca e limpa, ventilação adequada nos alojamentos, além de estratégias de resfriamento, como aspersão de água e uso de ventiladores (Carneiro et al. 2020).

A redução do estresse térmico e a promoção do conforto para bovinos em regiões semiáridas são essenciais para alcançar um bom desempenho animal, além de reduzir os custos de produção e melhorar a eficiência. O planejamento dos sistemas de produção deve levar em conta as condições climáticas locais e adotar práticas de manejo que proporcionem um ambiente adequado para os animais, otimizando o bem-estar e o potencial produtivo (Aranha et al., 2019).

A sensação térmica em um ambiente é influenciada pela interação entre a umidade do ar, a temperatura e a velocidade do vento. Esses fatores são variáveis que se alteram ao longo do ciclo de vida dos animais, pois suas necessidades de dissipação ou ganho de calor variam conforme sua idade e estágio de desenvolvimento. A ISO 7730 descreve essas variáveis térmicas como parâmetros ambientais que afetam diretamente o conforto térmico dos indivíduos, e seu controle é crucial para garantir o bem-estar dos animais em diferentes

fases da vida (Carneiro et al. 2020).

Nesse contexto, as instalações voltadas para a bovinocultura leiteira e de corte, quando bem planejadas, desempenham um papel essencial no aumento da eficiência produtiva, garantindo que os animais estejam em condições adequadas para o seu desenvolvimento e produção (Ferreira et al., 2017). A escolha dos materiais é fundamental, considerando aspectos como durabilidade, isolamento térmico, segurança e facilidade de manutenção. Carneiro et al. (2020) destacam que o uso de materiais apropriados nas coberturas, como telhas com alta capacidade de isolamento térmico, pode reduzir em até 30% a carga térmica resultante da radiação solar, melhorando significativamente o conforto térmico dos animais.

A bioconstrução tem ganhado destaque como uma abordagem sustentável e eficiente para a construção de instalações no Semiárido. Sento (2017) afirma que essa técnica se baseia no uso de materiais locais, como barro, palha e madeira, que possuem propriedades térmicas naturais. Esses materiais, além de serem de fácil acesso, contribuem para a redução da temperatura interna das instalações, criando um ambiente mais ameno para o gado. Zopollatto (2022) reforça que a utilização de materiais adaptados ao clima local, como coberturas vegetadas e isolantes naturais, não só melhora o conforto térmico, mas também diminui o consumo de energia necessário para resfriamento.

No estudo de Lima et al. (2023) o sistema construtivo predominante nas propriedades de pecuária leiteira em Santa Luzia, Paraíba, utiliza majoritariamente madeira e, em menor proporção, alvenaria, o que reflete uma escolha baseada em aspectos econômicos e disponibilidade local de materiais. A madeira é geralmente mais acessível e oferece uma solução prática em termos de custo-benefício, especialmente em áreas rurais onde os recursos financeiros podem ser limitados. No entanto, esse tipo de estrutura pode apresentar desvantagens em termos de durabilidade, manutenção e proteção contra as variações climáticas, especialmente em regiões semiáridas como o sertão paraibano.

Estudos de Carneiro et al. (2020) compararam diferentes tipos de coberturas em instalações pecuárias, como telhas de fibrocimento, telhas recicladas e telhados verdes. A pesquisa mostrou que os telhados verdes, utilizando grama *Zoysia japonica* e amendoim *Arachis repens*, reduziram significativamente as temperaturas internas, promovendo maior conforto térmico. A redução na temperatura da superfície interna chegou a 5,3°C e 4,4°C, respectivamente, com uma atenuação da temperatura do ambiente em até 1,37°C, evidenciando o impacto positivo desses materiais na criação de ambientes mais confortáveis para os animais.

A ventilação adequada é outro fator crucial para o conforto e bem-estar animal. Segundo Oliveira et al. (2019), a ventilação natural, que se utiliza de janelas, aberturas estrategicamente posicionadas e telhados inclinados, é uma estratégia eficaz para promover a circulação de ar e reduzir o estresse térmico dos animais. A ventilação cruzada, citada por Possebom et al. (2016), é especialmente eficaz no Semiárido, pois utiliza as correntes de ar naturais para renovar o ar dentro das instalações sem a necessidade de sistemas mecânicos, reduzindo custos com energia e mantendo a qualidade do ambiente.

Para maximizar o efeito da ventilação cruzada, Gonçalves e Bode (2015) apontam que o projeto arquitetônico deve garantir a permeabilidade ao ar, com aberturas planejadas para permitir que o vento entre e saia de maneira eficiente, controlando a temperatura interna. Nunes et al. (2014) destacam que posicionar as aberturas de entrada de ar fresco perto do solo e as de saída em locais mais altos ajuda a empurrar o ar quente

para fora, melhorando o fluxo de ar e o conforto térmico.

Os benefícios da ventilação cruzada vão além do conforto térmico dos animais. Segundo Nunes (2020), essa estratégia também promove economia de energia, pois dispensa o uso de sistemas mecânicos de ventilação, o que é uma vantagem significativa em regiões onde o consumo de eletricidade é uma preocupação. Além disso, a ventilação adequada contribui para a termoneutralidade, reduzindo o estresse térmico e, conseqüentemente, favorecendo a saúde e a produtividade dos animais.

Nesse contexto, as estratégias de construção, escolha de materiais e sistemas de ventilação utilizados nas instalações pecuárias no Semiárido são cruciais para garantir um ambiente adequado para os animais, minimizando os efeitos do clima árido.

3.2 Tipos de Confinamento na Pecuária Leiteira

A escolha do sistema de confinamento na pecuária leiteira é fundamental para o bem-estar animal, a eficiência produtiva e a sustentabilidade da propriedade. Entre os principais tipos de confinamento, destacam-se o Free Stall, o Compost Barn e o Confinamento ao Ar Livre (ou Drylot). Cada um desses sistemas apresenta características específicas que influenciam a saúde dos animais, a qualidade do leite, o manejo de dejetos e os impactos ambientais (Zopollatto, 2022). Conforme Silva et al. (2019), a seleção do sistema de confinamento ideal depende de diversos fatores, como o clima da região, a disponibilidade de recursos e o perfil econômico da propriedade.

O Free Stall é um dos sistemas de confinamento mais amplamente utilizados em fazendas leiteiras ao redor do mundo, especialmente em regiões de clima temperado. Ele consiste em baias individuais onde as vacas podem se deitar e levantar livremente. Segundo Biasato et al. (2019), esse sistema é altamente eficiente em termos de controle ambiental e manejo, permitindo uma maior organização do espaço e facilitando o controle da produção. No entanto, um dos principais desafios do Free Stall é o risco de lesões nos membros e nas articulações dos animais, especialmente se as camas não forem adequadamente mantidas ou se o piso for muito abrasivo. Além disso, o custo elevado de implementação e a necessidade de manutenção constante podem ser desvantagens para pequenos produtores.

Por outro lado, o Compost Barn tem ganhado popularidade devido à sua flexibilidade e menores custos de implementação em comparação ao Free Stall. Esse sistema consiste em uma grande área coletiva onde as vacas se movimentam livremente sobre uma cama de serragem ou aparas de madeira, que é regularmente misturada com os dejetos para promover a compostagem (Zopollatto, 2022). Conforme Janni et al. (2006), um dos principais benefícios do Compost Barn é o conforto térmico e a liberdade de movimento das vacas, o que reduz o estresse e melhora a produtividade. Além disso, a compostagem contínua dos dejetos resulta em um adubo orgânico de alta qualidade, que pode ser reutilizado nas práticas agrícolas, promovendo um ciclo de produção sustentável.

No entanto, o Compost Barn também apresenta desafios, como a necessidade de grandes quantidades de material para a cama e o manejo constante para evitar problemas de higiene e saúde animal. Endres e Barberg (2007) apontam que, se o manejo da cama não for adequado, pode ocorrer acúmulo de umidade e desenvolvimento de patógenos, o que pode aumentar os riscos de doenças como mastite. Para garantir o sucesso do sistema, é essencial manter uma ventilação adequada e um manejo rigoroso da compostagem,

revolvendo a cama pelo menos duas vezes ao dia para garantir a oxigenação e a secagem adequada dos materiais.

Outro sistema amplamente utilizado, especialmente em regiões de clima seco e quente, é o Confinamento ao Ar Livre ou Drylot (Zopollatto, 2022). Neste sistema, as vacas são mantidas em áreas externas cercadas, geralmente com acesso a sombra e água, mas sem coberturas estruturais complexas como no Free Stall ou Compost Barn. Heins et al. (2019) indicam que o Drylot é uma opção econômica, pois exige menos investimentos em infraestrutura e manutenção. No entanto, em regiões com climas mais úmidos, esse sistema pode não ser adequado devido ao aumento do risco de doenças relacionadas à lama e à falta de abrigo adequado em condições climáticas adversas.

A escolha entre esses sistemas também impacta diretamente a produtividade das vacas. Estudos como o de Marcondes, Mariano e Vries (2020) demonstram que a transição de fazendas do sistema Drylot para o Compost Barn resultou em um aumento de 13,3% na produção de leite por vaca, sem grandes alterações na qualidade do leite. No entanto, essa mudança também aumentou os custos operacionais, o que sugere que os produtores devem avaliar cuidadosamente o equilíbrio entre os benefícios produtivos e os custos associados à implementação de cada sistema.

Além dos impactos na produtividade, os diferentes sistemas de confinamento têm efeitos diretos no bem-estar animal. Conforme Biasato et al. (2019), vacas alojadas em sistemas Compost Barn apresentaram menores índices de estresse e melhores condições de saúde do que aquelas mantidas em Free Stalls. As vacas no Compost Barn passaram mais tempo deitadas e apresentaram menores índices de lesões articulares, o que está diretamente relacionado ao conforto da cama e à liberdade de movimento. Por outro lado, no Free Stall, o controle ambiental e o isolamento térmico são mais eficientes, o que pode ser uma vantagem em regiões de clima mais extremo.

A sustentabilidade ambiental também é um fator crucial na escolha do sistema de confinamento. Silva et al. (2024) destacam que o Compost Barn, ao permitir a compostagem dos dejetos, oferece uma solução mais ecológica para o manejo de resíduos, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa e promovendo a fertilidade do solo. Já no Free Stall, o manejo dos dejetos requer instalações adicionais para armazenamento de esterco, o que pode aumentar os custos e o impacto ambiental. No caso do Drylot, a falta de controle sobre o manejo de resíduos pode resultar em poluição do solo e das águas subterrâneas, especialmente em áreas com alta densidade de animais.

Por fim, a decisão sobre qual sistema de confinamento adotar deve levar em consideração uma série de fatores inter-relacionados, como a saúde animal, a sustentabilidade, os custos e a produtividade. Cada sistema tem suas vantagens e desafios, e a escolha ideal depende das condições climáticas da região, dos recursos disponíveis e dos objetivos específicos da propriedade. Os produtores precisam considerar o equilíbrio entre os custos de implementação e manutenção e os benefícios em termos de bem-estar animal e eficiência produtiva, sempre com um foco na sustentabilidade a longo prazo (Dalchiavon et al., 2018).

3.3 Práticas Eficazes e Inovações Arquitetônicas para o Bem-Estar Térmico dos Bovinos

Segundo Santos (2021), práticas eficazes no projeto e construção de instalações incluem o posicionamento adequado e o dimensionamento correto dos telhados, garantindo sombreamento adequado e redução do estresse térmico. A correta orientação dos galpões em relação à incidência solar e a adoção de materiais apropriados, como telhas com alta capacidade de reflexão solar (França, 2022), são essenciais para minimizar o calor nas instalações. Além disso, sistemas de isolamento térmico, como o uso de espumas de poliuretano ou lã de vidro (Silva Filho, 2013), ajudam a estabilizar as variações de temperatura dentro das construções.

De acordo com Van Laer et al. (2015) e Vizzotto et al. (2015), o estresse térmico causado pela intensa radiação solar tem impactos significativos nos bovinos mantidos em pastagens tropicais. Esses estudos indicam que os animais enfrentam uma série de desafios devido às altas temperaturas, como o aumento da temperatura corporal, redução na ingestão de alimentos, mudanças no comportamento, queda na taxa de crescimento e comprometimento da eficiência reprodutiva.

A exposição prolongada ao calor excessivo prejudica a regulação térmica dos bovinos, fazendo com que aumentem sua frequência respiratória e sudorese para dissipar o calor. No entanto, esses mecanismos nem sempre são suficientes para lidar com a sobrecarga térmica resultante da intensa radiação solar. Como consequência, os animais podem sofrer de hipertermia, estresse térmico e desequilíbrios eletrolíticos, afetando sua saúde e desempenho geral (Van Laer et al., 2015; Vizzotto et al., 2015).

O uso de técnicas de bioconstrução e soluções arquitetônicas inovadoras, como o "compost barn", vem ganhando destaque na visão de Peixoto (2017) por proporcionar maior conforto aos animais e melhorar os índices de produtividade. Essa abordagem permite que os bovinos se movimentem livremente, reduzindo lesões e facilitando o manejo, ao mesmo tempo que integra práticas sustentáveis, como o uso da cama como fertilizante (Peixoto, 2017)

Santos (2021) identifica duas categorias principais de estratégias para mitigar o estresse térmico: as primárias e as secundárias. As alternativas primárias são simples, como o sombreamento natural com árvores e a ventilação cruzada, enquanto as secundárias envolvem tecnologias mais avançadas, como ventilação forçada, nebulizadores e exaustores. Essas tecnologias são recomendadas quando os métodos naturais não são suficientes para garantir a circulação de ar adequada e a renovação do ambiente (Zopollatto, 2022).

A vegetação, além de proporcionar sombra, pode criar microclimas mais amenos nas instalações. Estudos como o de Abbud (2015) e Lima et al. (2019) demonstram que o uso de árvores, como o Umbuzeiro, é eficaz na redução das temperaturas em áreas de pastagem, contribuindo para o bem-estar dos bovinos. Espécies nativas da Caatinga, por exemplo, têm sido recomendadas por sua adaptabilidade ao clima local e pelo papel que desempenham na preservação da biodiversidade e na restauração ecológica (Backes, 2013).

As inovações arquitetônicas oferecem oportunidades significativas para otimizar o conforto térmico dos bovinos e melhorar a eficiência produtiva das fazendas. Avanços em modelagem e simulação de ambientes podem ser utilizados para projetar instalações mais adequadas às condições climáticas específicas (Diniz et al., 2017). Além disso, materiais com alta eficiência energética, como isolantes térmicos e coberturas refletivas, têm o potencial de reduzir as trocas de calor e manter temperaturas mais estáveis (Oliveira, 2018).

Crossley et al. (2022) realizaram um estudo que identificou 36 fatores de risco distintos associados ao

bem-estar de vacas em fazendas híbridas, que combinam sistemas de pastejo e confinamento, especialmente durante o período de confinamento em fazendas. Entre os principais fatores de risco, destacam-se o índice de conforto da vaca, que mede a adequação das condições ambientais ao bem-estar animal; o piso escorregadio, que aumenta o risco de quedas e lesões, além de impactar negativamente a mobilidade; e a iluminação inadequada, que pode interferir na visibilidade e no comportamento das vacas. Além disso, o estudo ressaltou a necessidade de melhorias estruturais e de manejo, como a instalação de pisos com melhor aderência e a adequação da iluminação, para promover um ambiente mais seguro e confortável para os bovinos, resultando em ganhos de produtividade e bem-estar.

Já o estudo de Gieseke Lambertz e Gauly (2020) investigou como as características das camas e áreas de repouso impactam o bem-estar de vacas leiteiras, observando que camas mais largas não apenas reduziram a sujeira nos úberes, mas também proporcionaram melhores condições de descanso. A maior área disponível para as vacas se deitarem promoveu um ambiente mais higiênico e confortável, o que contribuiu para a diminuição de problemas relacionados à saúde do úbere e ao estresse dos animais. Além disso, o estudo destacou que as vacas mantidas em áreas de repouso maiores apresentaram menos alterações cutâneas, o que reforça a importância de um espaço adequado para garantir o bem-estar físico e comportamental das vacas. As melhorias observadas no comportamento das vacas, como maior tempo de repouso e menor incidência de desconforto, demonstram que ajustes nas dimensões das camas podem ter um impacto significativo na saúde e produtividade do rebanho.

No entanto, a implementação dessas inovações enfrenta desafios importantes. O custo elevado de materiais e tecnologias avançadas pode dificultar sua adoção em larga escala, especialmente em regiões com recursos financeiros limitados (Oliveira, 2018). Além disso, a necessidade de conhecimento técnico especializado para projetar e operar essas instalações pode ser um obstáculo, demandando maior capacitação de profissionais do setor. Outro desafio é a adaptação das soluções arquitetônicas às diferentes condições regionais, como observado por Zopollatto (2022), já que o que funciona em uma região pode não ser eficiente em outra, devido às particularidades climáticas e culturais.

Para superar esses desafios, é fundamental promover parcerias entre pesquisadores, engenheiros, arquitetos e produtores, além de incentivar a colaboração com instituições de pesquisa e empresas do setor agropecuário. Essas parcerias podem viabilizar o desenvolvimento de tecnologias mais acessíveis e eficazes, além de promover a capacitação técnica necessária para a implementação dessas inovações. Dessa forma, será possível alavancar o bem-estar térmico dos bovinos, otimizando a produção de forma sustentável e eficiente.

3.4 O Sistema Compost Barn como Prática Sustentável

O sistema Compost Barn tem se destacado no cenário atual por apresentar um menor custo de implementação em comparação com outros métodos de confinamento, além de proporcionar benefícios ambientais, melhorar o bem-estar animal e aumentar a produtividade (Basaia, 2020; Krüger et al., 2021; Silva, 2022; Santos et al., 2023). Esse sistema é caracterizado por manter vacas em lactação em uma cama coletiva, composta principalmente por serragem e/ou maravalha. Ao longo do tempo, essa cama, misturada com os dejetos dos animais, se transforma em um valioso coproduto: o adubo orgânico, resultado do processo contínuo

de compostagem (Schogor; Danieli; Savio, 2018).

Um dos principais benefícios do Compost Barn é justamente a produção desse fertilizante orgânico de alta qualidade, que pode ser utilizado na agricultura. Quando os resíduos bovinos são tratados de forma adequada, eles se transformam em um recurso valioso para o agronegócio, contribuindo diretamente para a sustentabilidade do setor (Tomazi; Gai, 2022; Souza; Gonçalves, 2023).

O desenvolvimento de sistemas como o Compost Barn está em alinhamento direto com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 e 12. O ODS 2, que busca erradicar a fome e garantir a segurança alimentar, é favorecido pelo aumento da produtividade leiteira promovido por esse sistema, que assegura uma oferta contínua e eficiente de produtos de qualidade. Além disso, o ODS 12, que foca em assegurar padrões sustentáveis de produção e consumo, também é atendido pela adoção do Compost Barn. O sistema otimiza o uso de recursos naturais, minimiza o desperdício e contribui para a preservação do meio ambiente e o bem-estar dos animais, fatores essenciais para a construção de um sistema alimentar mais resiliente (ONU, 2015).

De acordo com Radavelli (2018), um dos principais desafios enfrentados em sistemas de confinamento para a bovinocultura de leite, tanto em regiões tropicais quanto subtropicais, é criar um ambiente adequado que permita aos animais alcançar seu máximo potencial produtivo. A melhoria das condições ambientais é especialmente importante, considerando que a raça mais comum utilizada na produção de leite, a holandesa, tem origem na Europa. Nesse contexto, diferentes sistemas de produção estão sendo implementados para garantir o conforto térmico e a saúde dos animais, fatores que afetam diretamente os níveis de produtividade. A qualidade do ambiente onde os animais são mantidos está diretamente relacionada ao conforto térmico.

Conforme Janni et al. (2006), este método de estabulação, amplamente adotado por produtores de leite em Minnesota, tem apresentado resultados positivos ao melhorar a limpeza dos animais, proporcionar maior conforto, reduzir problemas de claudicação e, em muitos casos, diminuir as contagens de células somáticas (SCC), indicativas de melhor qualidade do leite.

O Compost Barn é caracterizado por manter as vacas em lactação em uma cama coletiva feita de serragem ou aparas de madeira fina, misturada com os dejetos dos animais. A cama é regularmente aerada, permitindo a compostagem contínua, o que gera um produto adicional além do leite: o adubo orgânico. Este fertilizante, resultante do processo de compostagem, é um recurso valioso para a agricultura, promovendo práticas mais sustentáveis ao aproveitar os resíduos animais de forma eficiente (Schogor; Danieli; Savio, 2018).

Além de melhorar o conforto e a saúde das vacas, o Compost Barn facilita o manejo dos dejetos, que podem ser armazenados por até seis meses antes de serem utilizados como fertilizante. Isso não só reduz a necessidade de grandes instalações de armazenamento de esterco, mas também diminui o impacto ambiental relacionado ao manejo inadequado de resíduos (Endres; Barberg, 2007). O sistema permite que o esterco seja incorporado ao solo de maneira sustentável, contribuindo para a fertilidade da terra e fechando o ciclo produtivo de forma ecológica.

Outro benefício importante é a versatilidade do Compost Barn no uso de materiais alternativos para a cama. Shane, Endres e Janni (2010) investigaram o uso de resíduos agrícolas, como palha de trigo e soja, como alternativas à serragem. A utilização desses subprodutos agrícolas não apenas reduz a dependência de recursos

tradicionais, como também promove um ciclo sustentável de reaproveitamento de materiais, minimizando o desperdício e favorecendo a sustentabilidade ambiental da produção leiteira.

Barberg; Endres e Janni (2007) destacam que a adoção do sistema Compost Barn também traz melhorias significativas para a saúde animal, com a redução das taxas de mastite, melhoria da higiene dos animais e maior longevidade das vacas. A facilidade no manejo diário e o conforto proporcionado às vacas resultam em menor incidência de lesões e maior bem-estar, o que contribui diretamente para a produtividade do rebanho. Embora alguns produtores enfrentem desafios relacionados ao custo e à disponibilidade de materiais para a cama, a maioria expressa satisfação com os benefícios gerais do sistema.

Em termos ambientais, Silva (2022) avaliou o impacto do Compost Barn utilizando uma metodologia combinada de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e análise de Serviços Ecossistêmicos. O estudo concluiu que o Compost Barn apresentou um desempenho ambiental superior em comparação a sistemas semiconfinados, com até 87% de redução nos impactos ambientais, especialmente em categorias como emissões de gases de efeito estufa e manejo de resíduos. Embora sistemas semiconfinados ofereçam alguns serviços ecossistêmicos, os sistemas confinados, como o Compost Barn, são significativamente mais eficientes na redução dos impactos ambientais, tornando-se uma escolha preferível para produtores preocupados com a sustentabilidade.

Além disso, a flexibilidade do sistema em termos de adaptação a diferentes climas e contextos produtivos faz dele uma opção viável para diversas regiões. Estudos realizados por Kruger et al. (2021) e outros autores mostram que, embora o retorno financeiro do Compost Barn possa ser mais lento do que em sistemas de pastagem, a longo prazo ele oferece maior lucratividade, principalmente devido à reutilização dos materiais da cama como fertilizante e à redução de custos com medicamentos, graças à melhora da saúde animal.

O manejo eficiente da ventilação e do ambiente também desempenha um papel importante no sucesso do Compost Barn. Endres e Barberg (2007) enfatizam que, à medida que o índice de temperatura-umidade (THI) aumenta, o comportamento de descanso das vacas é afetado, o que pode prejudicar a produtividade. No entanto, com o controle adequado da ventilação e da temperatura, é possível mitigar esses efeitos e garantir o bem-estar térmico das vacas, resultando em maiores níveis de produção de leite.

Desse modo, o Compost Barn é uma prática sustentável que combina melhorias no bem-estar animal com vantagens ambientais e econômicas. Ao promover o reaproveitamento eficiente dos resíduos animais e garantir um ambiente saudável para as vacas, este sistema se destaca como uma solução inovadora e ecologicamente responsável para a produção de leite. Sua implementação contribui para a sustentabilidade do agronegócio, ao mesmo tempo em que oferece benefícios produtivos significativos.

4 Considerações finais

O artigo abordou as inovações arquitetônicas como uma solução para assegurar o conforto térmico dos bovinos no contexto do semiárido. Ficou claro que, nesse cenário de clima árido, garantir condições térmicas adequadas é essencial tanto para o bem-estar quanto para o desempenho produtivo dos animais. O conforto térmico no semiárido é de extrema relevância, pois as altas temperaturas e a limitada disponibilidade de água representam obstáculos consideráveis para a criação de bovinos.

Os trabalhos analisados mostraram que as soluções construtivas aplicadas ao conforto térmico são essenciais para mitigar os impactos das altas temperaturas e da escassez de água, características típicas do semiárido. A escolha adequada de materiais, como telhas com alta capacidade de isolamento térmico e o uso de vegetação para sombra, mostrou-se eficaz na redução do estresse térmico dos bovinos. Alguns estudos apontam que materiais locais e sustentáveis, como o barro e a madeira, também contribuem para a criação de ambientes mais amenos, favorecendo o desempenho produtivo dos animais.

A ventilação adequada, especialmente por meio de sistemas naturais como a ventilação cruzada, é outra prática eficaz que promove o bem-estar dos bovinos. A literatura revisada enfatiza que o posicionamento estratégico de aberturas e telhados inclinados é fundamental para garantir a circulação de ar, reduzindo o estresse térmico sem a necessidade de sistemas mecânicos. Essa abordagem não só melhora o conforto dos animais como também gera economia de energia, um aspecto crucial em regiões onde o consumo de eletricidade é uma preocupação.

Os resultados também mostraram que a adoção de inovações arquitetônicas, como o uso de telhados verdes e coberturas com vegetação, pode reduzir significativamente as temperaturas internas das instalações, criando um ambiente mais confortável para os animais. Além disso, essas práticas contribuem para a sustentabilidade ambiental ao reduzir a dependência de recursos não renováveis e promover o reaproveitamento de materiais.

Outro aspecto importante abordado foi o impacto das condições de confinamento no bem-estar dos animais. Os diferentes tipos de confinamento analisados, como Free Stall, Compost Barn e Drylot, apresentam vantagens e desafios específicos. O Compost Barn destacou-se como uma prática sustentável que, além de proporcionar conforto térmico e liberdade de movimento aos animais, facilita o manejo de dejetos e a produção de adubo orgânico. Embora o Free Stall ofereça maior controle ambiental, o Compost Barn tem se mostrado mais econômico e adaptável às condições do semiárido, sendo uma alternativa viável para produtores de menor porte.

O Compost Barn, ao proporcionar maior liberdade de movimento e condições mais higiênicas, resultou em melhor saúde animal e menor incidência de lesões articulares. A flexibilidade do sistema, que permite a compostagem dos dejetos e a reutilização como fertilizante, oferece uma solução prática e sustentável para o manejo de resíduos na pecuária.

Por fim, os resultados apontam que a transição para sistemas produtivos mais eficientes e sustentáveis é essencial para garantir a viabilidade econômica da pecuária leiteira no semiárido. A adoção de tecnologias apropriadas, aliada ao planejamento arquitetônico cuidadoso e ao manejo adequado, pode resultar em ganhos significativos tanto na produtividade quanto na sustentabilidade ambiental das propriedades.

Conclui-se que as soluções apresentadas neste estudo oferecem uma abordagem integrada para enfrentar os desafios do semiárido, promovendo o bem-estar animal, a eficiência produtiva e a sustentabilidade ambiental.

Referências

ABBUD, B. **Criando paisagens: guia de trabalho em arquitetura paisagística**. 5 ed. São Paulo: Senac, 2015.

ABIA. **Números do Setor – Faturamento**. Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação, 2019. Disponível em: <https://www.abia.org.br/vsn/anexos/faturamento2019.pdf>. Acesso em: 14 out. 2024.

ALTAFIN, I.; et al. Produção familiar de leite no Brasil: um estudo sobre os assentamentos de reforma agrária no município de Unaí (MG). **Revista UNI, Imperatriz**, v. 1, n. 1, p. 31-49, 2011.

ARANHA, H. S.; et al. Produção e conforto térmico de bovinos da raça Nelore terminados em sistemas integrados de produção agropecuária. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 5, p. 1686-1694, 2019.

BARBERG, A.E.; ENDRES, M.I.; JANNI, K.A. Compost dairy barns in Minnesota: a descriptive study. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 23, p. 231-238, 2007.

BASAIA, D. C. K. Avaliação do ciclo de vida e análise da viabilidade econômica de uma fazenda leiteira no estado de Minas Gerais-Brasil. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2020.

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.

CARNEIRO, J. F.; et al. O desenvolvimento da agricultura familiar e sua inserção na cadeia produtiva do leite na região de Imperatriz: principais características e desafios socioeconômicos. **Agricultura Familiar: Pesquisa, Formação e Desenvolvimento**, v. 14, n. 1, p. 75-100, 2020.

CROSSLEY, R. E.; et al. Risk factors associated with indicators of dairy cow welfare during the housing period in Irish, spring-calving, hybrid pasture-based systems. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 208, p. 105760, 2022.

DALCHIAVON, A.; et al. Comparative analysis of costs and milk yield in different production systems. **Custos e Agronegócio**, v. 14, n. 3, p. 147-168, 2018.

ENDRES, M. I.; BARBERG, A. E. Behavior of Dairy Cows in an Alternative Bedded-Pack Housing System. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 9, p. 4192–4200, 2007.

ERCOLE, F. F.; MELO, L. S. de.; ALCOFORADO, C. L. G. C. Integrative Review versus Systematic Review. **REME, Rev Min Enferm.**, v. 18, n. 1, 2014.

FAO. **Production Indices**. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QI>. Acesso em: 14 out. 2024.

FERREIRA, I. C.; et al. **Conforto térmico em bovinos leiteiros a pasto**. Planaltina, DF: Embrapa, 2017.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente**: para aves, suínos e bovinos 2ed. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2011.

FRANÇA, E. B. O. de. Avaliação do conforto térmico promovido por sombra de placas fotovoltaicas durante o período do verão. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharel em Zootecnia), Universidade Federal Rural do Semiárido, 2022.

GALVÃO C. M.; SAWADA N. O.; MENDES, I. A. A busca das melhores evidências. **Rev. Esc. Enferm. USP.**, v. 37, n. 4, p. 43-50, 2003.

GIESEKE, D.; LAMBERTZ, C.; GAULY, M. Effects of cubicle characteristics on animal welfare indicators in dairy cattle. *Animal*, v. 14, p. 1934-1942, 2020.

GONÇALVES, J. C. S.; BODE, K. **Edifício Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

HEINS, B. J.; SJOSTROM, L. S.; ENDRES, M. I.; et al. Efeitos dos sistemas de alojamento no inverno sobre produção, economia, peso corporal, escore de condição corporal e culturas de cama para vacas leiteiras orgânicas. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 1, p. 706-714, 2019.

JANNI, K. A.; et al. **Compost barns: An alternative dairy housing system in Minnesota**. In: 2006 ASABE Annual International Meeting, 2006, Minneapolis, USA. Proceedings... Minneapolis: ASABE, 2006.

KRÜGER, C.; et al. Contabilidade rural: avaliação econômica de um sistema de produção leiteira em confinamento. **Revista Eletrônica de Ciências Contábeis**, v. 10, n. 1, p. 57-79, 2021.

LAMBERTS, R.; et al. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 2014.

LIMA, F. F. S. de.; et al. Análise da atividade pecuária leiteira para o desenvolvimento local na visão dos produtores de Santa Luzia, Paraíba. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 17-25, 2023.

LIMA, M. T. V.; et al. Influência da temperatura e umidade sobre o conforto térmico bovino em Barbalha, Ceará. **PUBVET**, v. 13, n. 12, p.1-8, 2019.

MARCONDES, M. I.; MARIANO, W. H.; VRIES, A. de. Production, economic viability and risks associated with switching dairy cows from drylots to compost bedded pack systems. **Animal**, v. 14, n. 2, p. 399-408, 2020.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. de C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto Contexto Enferm, Florianópolis**, v. 17, n. 4, p. 758-64, 2008.

NUNES, C. **A importância da ventilação natural para arquitetura bioclimática**. SudentArq, 2020. Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/importancia-da-ventilacao-natural-para-arquitetura-sustentavel/>. Acesso em junho de 2023.

OLIVEIRA, V. C. de. Instalações Compost Barn no estado de Minas Gerais: Caracterização arquitetônica e tecnológica. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Zootecnia) - à Universidade Federal de Lavras, 2018.

ONU. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Organização das Nações Unidas – ONU, 2015. Disponível em: <https://goo.gl/jcFMVC>. Acesso em: 15 set. 2024.

PEIXOTO, M. S. M. Termorregulação de bovinos leiteiros confinados em instalação compost barn em região semiárida. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de sistemas agrícolas) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

POSSEBOM, A.; et al. Ventilação cruzada. In: **Seminário Internacional de Construções Sustentáveis, Passo Fundo**. Anais, v. 5, 2016.

SANTOS, F. G.; et al. Sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica do sistema Compost Barn na pecuária leiteira brasileira. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 15, p. 1-9, 2023.

SANTOS, M. S. dos. Bovinos da raça Jersey: estágio e considerações sobre conforto térmico. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, 2021.

SCHOGOR, A. L. B.; DANIELI, B.; SAVIO, R. L. Conhecendo o Compost Barn: desafios e virtudes. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 20, n. 2, p. 99-104, 2018.

SENTO, C. S. **Semeando saberes, inspirando soluções: Boas Práticas na Convivência com o Semiárido**. Brasília: IICA, 2017

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, D.V. Avaliação do ciclo de vida e serviços Ecosistêmicos: um estudo de caso aplicado a diferentes sistemas de produção. **Dissertação** (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2022.

SILVA, G. R. de O.; et al. Profitability analysis of compost barn and free stall milk-production systems: A comparison. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 1165-1183, 2019.

SILVEIRA, I. D. B.; PETERS, M. D. de P. **Avanços na produção de bovinos de leite**: Reprodução e produção. Pelotas: Ed. Universitária UFPEL, 2008.

SOUZA, B. F.; GONÇALVES, F. M. Indicadores de Sustentabilidade na Produção de Leite: Um estudo de caso em Sistemas de Compost Barn. **XXXII Congresso de Iniciação Científica (CIC) -UFPEL**, Pelotas - RS, 28 de novembro de 2023.

TOMAZI, C. V.; GAI, V. F. Produtividade de milho para silagem comutilização do Compost Barn. *Revista Cultivando o Saber*, v. 15, p. 15, 9–19, 2022.

VAN LAER, E.; et al. Effect of summer conditions and shade on behavioural indicators of thermal discomfort in Holstein dairy and Belgian Blue beef cattle on pasture. **Animal**, v. 9, n. 9, p. 1536-1546, 2015.

VIZZOTTO, E. F.; et al. M. Access to shade changes behavioral and physiological attributes of dairy cows during the hot season in the subtropics. **Animal**, v. 9, n. 9, p. 1559-1566, 2015.

ZOPOLLATTO, M. **Instalações para bovinocultura leiteira** 2. ed. - Curitiba: SENAR AR/PR, 2022.