



UDESC

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO EDUCACIONAL DO OESTE - UDESC/OESTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
**CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA
COMPOST BARN EM REGIÕES
SUBTROPICAIS BRASILEIRAS**

WILLIAN MAURICIO RADAVELLI

Chapecó – SC

2018

WILLIAN MAURICIO RADAVELLI

**CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA *COMPOST BARN* EM REGIÕES
SUBTROPICAIS BRASILEIRAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Ciência e Produção Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito parcial para obtenção de grau de **Mestre em Zootecnia**

Orientadora: Dra. Ana Luiza Bachmann Schogor

Co-orientador: Dr. Aleksandro Schafer da Silva

Chapecó, SC, Brasil

2018

**Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com auxílio do programa de
geração automática da
Biblioteca Setorial do CEO/UDESC**

Radavelli, Willian Mauricio
CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA COMPOST BARN EM REGIÕES
SUBTROPICAIS BRASILEIRAS / Willian Mauricio
Radavelli. - Chapecó, 2018.
89 p.

Orientadora: Ana Luiza Bachmann Schogor
Co-orientador: Aleksandro Schafer da Silva
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do
Oeste, Programa de Pós-Graduação , Chapecó, 2018.

1. Conforto animal. 2. Instalações. 3.
Produtividade. I. Bachmann Schogor , Ana Luiza .
II. Schafer da Silva, Aleksandro., III. Universidade
do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação
Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação
. IV. Título.

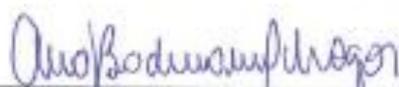
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

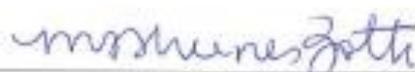
**CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA *COMPOST BARN* EM REGIÕES
SUBTROPICAIS BRASILEIRAS**

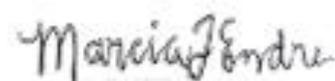
Elaborada por
Willian Mauricio Radavelli

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

Comissão Examinadora:


Dra. Ana Luiza Bachmann Schogor - UDESC


Dra. Maria Luísa Appendino Nunes Zotti - UDESC


Dra. Marcia I. Endres - *University of Minnesota*

Chapecó, 28 de Fevereiro de 2018.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pela saúde e por sempre iluminar a minha caminhada, principalmente nos momentos difíceis, me guiando em minhas escolhas, e me protegendo de todos males.

A Profa. Dra. Ana Luiza Bachmann Schogor, pelos ensinamentos repassados, e pela amizade construída.

Ao Prof. Dr. Aleksandro Schafer da Silva, pela coorientação, assim como os ensinamentos repassados no período de laboratório.

Aos Professores Fabio José Gomes, Maria Luísa Appendino Nunes Zotti e Marcia Endres, pela colaboração em análises estatísticas, auxílio na concepção e elaboração do projeto, bem como nos artigos científicos.

A Universidade do Estado de Santa Catarina, pela oportunidade da realização do graduação e do mestrado em zootecnia.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pelos conhecimentos repassados, e pela ajuda fornecida nos momentos de dúvidas.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos. Ao Governo do Estado de Santa Catarina pelo fornecimento da bolsa pelo Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina – UNIEDU.

A minha família, por me ensinar a ser acima de tudo, honesto, humilde e ter respeito com os demais, princípios que considero fundamentais na vida. Obrigado por estarem sempre ao meu lado, em todos os momentos, sendo sempre meu ponto de referência.

A minha namorada, pelo apoio, incentivo, e paciência durante esses dois anos de convivência.

Aos proprietários de todas as fazendas que abriram suas portas para a realização do experimento.

Aos meus amigos, e colegas pela ajuda, companheirismos, conversas e risadas.

Aos bolsistas do Laboratório de Nutrição Animal da UDESC, por toda a ajuda na realização das análises laboratoriais.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA *COMPOST BARN* EM REGIÕES SUBTROPICAIS BRASILEIRAS

AUTOR: Willian Mauricio Radavelli
ORIENTADORA: Ana Luiza Bachmann Schogor
Chapecó, 28 de fevereiro de 2018

Os objetivos do presente trabalho foram caracterizar unidades produtoras de leite (UPL) que utilizam *Compost Barns* (CB), adotados em regiões subtropicais brasileiras, identificar benefícios e a satisfação dos produtores que optaram pelo sistema, e aspectos de conforto e bem-estar animal. Além disso, classificar os sistemas (por meio de análise multivariada) e identificar fatores que interferem na qualidade da cama dos CB. Os dados foram obtidos *in loco*, com mensurações das instalações, observações do rebanho e levantamento de informações técnicas, em 30 UPL, entre janeiro e março de 2017. As UPL caracterizaram-se por serem de pequeno porte (média de 30 ha totais), com 49,5 vacas em lactação, e produção média de 21 litros/animal/dia. Com relação aos galpões, 50% possuíam pista de alimentação anexa à cama, 60% possuíam ventilação mecânica, e 87% deles eram novas edificações (portanto 13% adaptadas). Ressalta-se que 43% dos sistemas não receberam assistência técnica no momento da construção das instalações. A área média de cama observada foi de 750 m², e área disponível de descanso por animal de 15m². De forma inédita, reporta-se o uso dos CB parcialmente, sendo que em 36,7% das propriedades, o CB era utilizado somente na horas mais quentes do dia ou em períodos chuvosos. As características de cama observadas foram 47,8% de MS, pH de 8,81, relação C:N de 10,51 e temperatura em profundidade (20 cm) média de 43,08 °C. A interpretação dos dados através da análise agrupamento, demonstrou a influência de 12 variáveis, que definiram a formação de três grupos: CB convencionais e adaptados (n=18, possuem instalações novas e adaptadas, de diversos tamanhos, com tempo de utilização integral), CB convencionais de grande porte (n=6, galpões maiores, semelhante aos modelos americanos, com tempo de utilização integral) e, CB de utilização parcial (n=6, utilizados em horas quentes do dia ou período de chuva, com melhores características de cama dentre os grupos, apesar de os CB não possuírem ventilação mecânica e da cama ser revolvida apenas uma vez ao dia). Além das variáveis consolidadas relacionadas ao manejo e qualidade da cama dos CB (MS, MO, pH, W, relação C:N, temperatura e densidade), relata-se que a frequência de revolvimento, disponibilidade de área de cama por animal, presença de ventilação mecânica nas instalações, tipo de material utilizado para compor a cama e a umidade relativa local, são fatores que influenciam as principais variáveis da cama, e podem ser um ponto chave para o sucesso do sistema CB em regiões subtropicais brasileiras. As avaliações relacionadas ao conforto e bem-estar animal, demonstraram resultados superiores quando comparados a outros sistemas confinados, contudo, investimentos devem ser realizados para melhorar a ambiência das instalações. Pontos positivos foram relatados em relação à limpeza dos animais (em 100% das UPL), diminuição nos casos de mastite (em 86,2% das UPL), de problemas de claudicação (em 75,9% das UPL) e melhor observação de cio dos animais (em 51,7% das UPL). Além da melhoria e facilidade nas práticas de manejo, quando comparados ao antigo sistema de produção (base de pasto), o que repercutiu na aprovação por 100% dos produtores pelo sistema.

Palavras chave: Conforto animal, instalações, produtividade.

ABSTRACT

Master's Dissertation

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina**CHARACTERIZATION OF THE COMPOST BARN SYSTEM IN BRAZILIAN
SUBTROPICAL REGIONS**

AUTHOR: Willian Mauricio Radavelli

ADVISER: Ana Luiza Bachamann Schogor

Chapecó, February 28, 2018

The objectives of the present study were to characterize dairy farms that use Compost Barns (CB), adopted in Brazilian subtropical regions, to identify benefits and producers satisfaction who opted for the system, and aspects of animal comfort and welfare. In addition, to classify the dairy farms (through multivariate analysis) and, identify factors that interfere in the main characteristics of the CB bedded packs. The data were obtained in loco, with measurements of the facilities, observations of the herd and collection of technical information, in 30 dairy farms between January and March 2017. The properties were small (30 ha total), with 49.5 lactating cows, with an average of 21 liters/animal/day. Regarding the barns, 50% had a feed alley attached to the pack, 60% had mechanical ventilation, and 87% of them were new buildings (therefore 13% adapted). It is noteworthy that 43% of the producers did not receive technical assistance at the time of barn construction. The average bedded pack area observed was 750 m², with 15m² of pack space per cow, with 60% of the properties housing only lactating cows in the CB, while 40% also housed pre-calving cows. As novelty, we report dairy systems that use CB partially, where 36.7% of the CB were used only during the hottest hours of the day or during rainy periods. The bedded pack presented 47.8% of DM, pH 8.81, C:N ratio of 10.51 and mean depth (20 cm) temperature of 43.08 °C. An interpretation of the data through grouping analysis, demonstration of influence of 12 variables, which defines a formation of three groups: conventional and adapted CB (n=18, with new and adapted facilities, of different sizes, full time using, with adequate pack characteristics or not), large conventional CB (n = 6, larger barns, more similar to American models, full time using) and, partial use CB (n = 6, used in hot hours of the day or rainy season, with better pack characteristics among groups, although do not have mechanical ventilation and the pack is revolved only once a day). In addition to the consolidated variables related to the pack management and quality (DM, OM, pH, W, C:N ratio, temperature and density), it is reported that the stirring frequency, resting space area per animal, presence of mechanical ventilation on the barn, type of material used to compose the bedded pack and local relative humidity are factors that influence the main variables of the pack and can be key points for the success of the CB system in subtropical regions of Brazil. Evaluations related to comfort and animal welfare have shown superior results when compared to other confined systems, however, investments should be made regarding the thermal comfort. Positive points were reported in relation to animal cleanliness (in 100% of dairy farms), mastitis (in 86.2% of dairy farms), claudication problems (in 75.9% of dairy farms) and better observation of estrus (51.7% of the dairy farms). In addition to the improvement of the management practices, when compared to the old production system (grazing systems), 100% of the producers approved the CB system.

Key words: Animal comfort, facilities, productivity.

SUMÁRIO

CAPITULO I	9
1.REVISÃO DE LITERATURA.....	9
1.1. AMBIÊNCIA E BEM-ESTAR DE BOVINOS LEITEIROS	9
1.1.1 Aspectos sobre ambiência e bem-estar	9
1.1.2 Aspectos fisiológicos e índices de conforto térmico	10
1.1.3 Características climáticas de regiões subtropicais	13
1.2 SISTEMA DE CONFINAMENTO TIPO <i>COMPOST BARN</i>	14
1.2.1 Histórico do sistema <i>Compost Barn</i>	14
1.2.2 Descrição do sistema	16
1.2.3 Características do processo de compostagem.....	19
1.2.4 Benefícios do sistema <i>Compost Barn</i>	21
1.2.5 Adoção do sistema <i>Compost Barn</i> no Brasil.....	23
CAPÍTULO II.....	26
CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA <i>COMPOST BARN</i> EM REGIÕES SUBTROPICAIS	27
RESUMO.....	28
INTRODUÇÃO	29
MATERIAL E MÉTODOS	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
Satisfação dos produtores.....	34
Características estruturais dos sistema	35
Manejo dos sistemas.....	37
Características da cama e variáveis ambientais	38
Frequência respiratória e temperatura de pelame.....	41
Escores de locomoção, sujidade, lesões de jarrete e condição corporal	42
Qualidade da água para consumo dos animais	43
CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
CAPITULO III	54
CLASSIFICAÇÃO DE PROPRIEDADES LEITEIRAS QUE UTILIZAM SISTEMA <i>COMPOST BARN</i> EM REGIÕES SUBTROPICAIS BRASILEIRAS POR MEIO DE ANÁLISE MULTIVARIADA	54
RESUMO:.....	55
INTRODUÇÃO	56
MATERIAL E MÉTODOS	57

RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
Análise de componentes principais e definição do número de grupos	61
Classificação e caracterização dos grupos de propriedades que utilizam CB	62
Identificação das variáveis que influenciam a qualidade de cama dos CB.....	66
CONCLUSÕES	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

CAPITULO I

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. AMBIÊNCIA E BEM-ESTAR DE BOVINOS LEITEIROS

1.1.1 Aspectos sobre ambiência e bem-estar

Vacas em lactação (com foco em animais de alta produção) estão diariamente expostas a grandes desafios, submetidas a sistemas de produção mais intensivos, que têm como objetivo atingir a máxima produtividade animal; todavia, a sustentabilidade da atividade deve sempre ser levada em consideração. Com a constante evolução genética dos bovinos de leite, é possível obter animais altamente produtivos, que atendem à demanda atual. Todavia, em conjunto com o crescimento genético e produtivo, é necessário o fornecimento de alimentação e ambiente adequados, para que os animais possam responder de forma condizente, conforme sua capacidade genética.

Considerando as exigências atuais, a produção de leite tem sido direcionada ao desenvolvimento de novos sistemas de produção. Estes, por sua vez, mantêm os animais mais agrupados, com os objetivos de facilitar o manejo e diminuir o gasto energético pela movimentação em busca da alimentação (pastejo), aspectos típicos do confinamento.

Em um texto técnico, Vieira e Silva (2013) citaram que a ambiência, o conforto térmico, e o bem-estar animal são intimamente relacionados, mas que cada um destes termos tem sua própria definição, e distintas contribuições no sistema de produção. Frente a esta afirmação, primeiramente deve-se considerar que independentemente do sistema adotado, é necessária a utilização de boas práticas de manejo que proporcionem produção, aliada a conforto e bem-estar animal.

O bem-estar animal tem sido estudado, debatido e cobrado cada vez mais por consumidores. Trata-se de condições mínimas que, por obrigação devem ser fornecidas a todos os animais que estão sob criação e cuidados. O conceito de bem-estar animal envolve basicamente cinco leis, ou, como são chamadas as “cinco liberdades”, que são elas: livre de fome e sede, livre de desconforto, livre de dor e doenças, livre de medo e aflição e, livre para expressar seus comportamentos naturais, as quais foram descritas inicialmente pelo Farm Animal Welfare Council (FAWC, 1992). De forma geral o mínimo que devemos entender sobre essas leis ou liberdades, é de que a produção animal deve ser racional, que os produtos

de origem animal podem ser explorados, mas, frente ao fornecimento de ambiente, instalações, alimentação, sanidade e manejos adequados aos animais.

Um dos maiores desafios em sistemas confinados de bovinocultura de leite, sejam em regiões tropicais ou subtropicais, é a manutenção de um ambiente favorável, para que os animais demonstrem sua eficiência produtiva. Melhor a ambiência é especialmente importante considerando-se que a raça mais utilizada para produção de leite é a holandesa, de origem europeia. Com isso, diferentes sistemas de produção estão sendo utilizados, os quais buscam proporcionar conforto térmico, saúde e, conseqüentemente produtividade animal, tendo em vista que a ambiência animal está diretamente relacionada com o conforto térmico dos animais (BEWLEY et al. 2017)

1.1.2 Aspectos fisiológicos e índices de conforto térmico

Bovinos são animais homeotérmicos, ou seja, tem a capacidade de controlar a temperatura corporal, mesmo frente a variações na temperatura ambiente, logicamente dentro de um limite tolerável a espécie. Os limites ideais de temperatura corporal, considerados normais para a espécie bovina, ficam entre 38 e 39,5° C, os quais possibilitam sua sobrevivência e produção (BURFEIND et al. 2012). De forma geral, vacas em lactação apresentam uma temperatura de conforto térmico entre 5 e 25° C (TAPKI e SAHIN, 2006), ou seja, seria a faixa de temperatura em que os animais não apresentam dificuldade de manter a temperatura corporal estável, e evitam gasto de energia para manutenção da homeotermia. Todavia, devido à existência de diferentes grupamentos raciais e suas origens, existem variações entre a zona de conforto térmico. Para animais em lactação, de origem europeia, a zona de conforto térmico está entre 4 a 26° C (PERISSINOTTO e MOURA, 2007). Enquanto que, animais zebuínos apresentam menor tolerância a temperaturas inferiores e, maior tolerância a temperaturas mais elevadas, suportando temperatura próxima aos 35° C (PEREIRA, 2005). No entanto, segundo Azevedo e Alves, (2009) a temperatura de conforto térmico para raças zebuínas variam de 10 a 27 °C.

Para a manutenção da homeotermia, os bovinos utilizam de mecanismos fisiológicos, metabólicos e comportamentais (FISCHER et al., 2002). Sendo assim, a observação e medida desses mecanismos (fisiológicos, metabólicos e comportamentais) se torna uma ferramenta indicativa, para verificar então, se os animais estão sob conforto térmico ou opostamente, sob estresse por calor ou por frio. De acordo com Broom (2011) quando animais estão sob conforto térmico, seu comportamento se resume em alimentação frequente, com o restante do tempo destinado para descanso, ruminação, e alguns comportamentos específicos da espécie,

proporcionando assim, níveis produtivos elevados. Ademais, vacas em lactação podem permanecer grandes períodos do dia deitadas, normalmente entre 12 a 14 horas (BOONE, 2009). Para que esse tempo de descanso seja proporcionado, vários fatores devem ser atendidos, entre eles podemos citar o correto dimensionamento das instalações, presença de ventilação (natural ou forçada), nebulização, de lanternins, cortinas, etc.

Dias em que a temperatura ambiente ultrapassa os limites da zona de conforto para o animal, e os artifícios e equipamentos utilizados nas instalações não são suficientes para manter um ambiente favorável, sinais de estresse por calor podem ser observados nos animais, em nível fisiológico. O primeiro mecanismo do qual o animal utiliza é a vasodilatação, para aumentar a área de contato dos vasos sanguíneos com a área corporal, permitindo maior troca de calor (MARTELLO, 2006). Caso a temperatura ambiente permaneça elevada, outro mecanismo utilizado pelo animal é o resfriamento evaporativo, proporcionado pela sudorese e pelo aumento da frequência respiratória (ROBINSON, 2004). De forma prática, os sinais mais visíveis do estresse por calor em bovinos é o aumento da frequência respiratória (HAHN, 1999), associado ao aumento da temperatura corporal (OMINSKI et al., 2002). Segundo Azevedo et al. (2005), uma frequência acima de 60 movimentos por minuto indica estresse por calor, e segundo Hahn et al. (1997), quando os valores ultrapassam 120 movimentos respiratórios por minuto (mov. min^{-1}) o animal está sofrendo com a carga excessiva de calor e, acima de $160 \text{ mov. min}^{-1}$, medidas emergenciais devem ser tomadas a fim de amenizar o estresse. Neste sentido, em um trabalho desenvolvido por Perissinoto et al. (2009), no qual avaliaram o conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical, os autores publicaram uma figura, que demonstra faixas de conforto térmico animal em função da frequência respiratória e temperatura retal (Figura 1). Esta, segundo os autores, poderia balizar o desenvolvimento de *software*, para determinar com precisão o acionamento de sistemas de climatização, de acordo com as condições climáticas e as respostas fisiológicas dos animais.

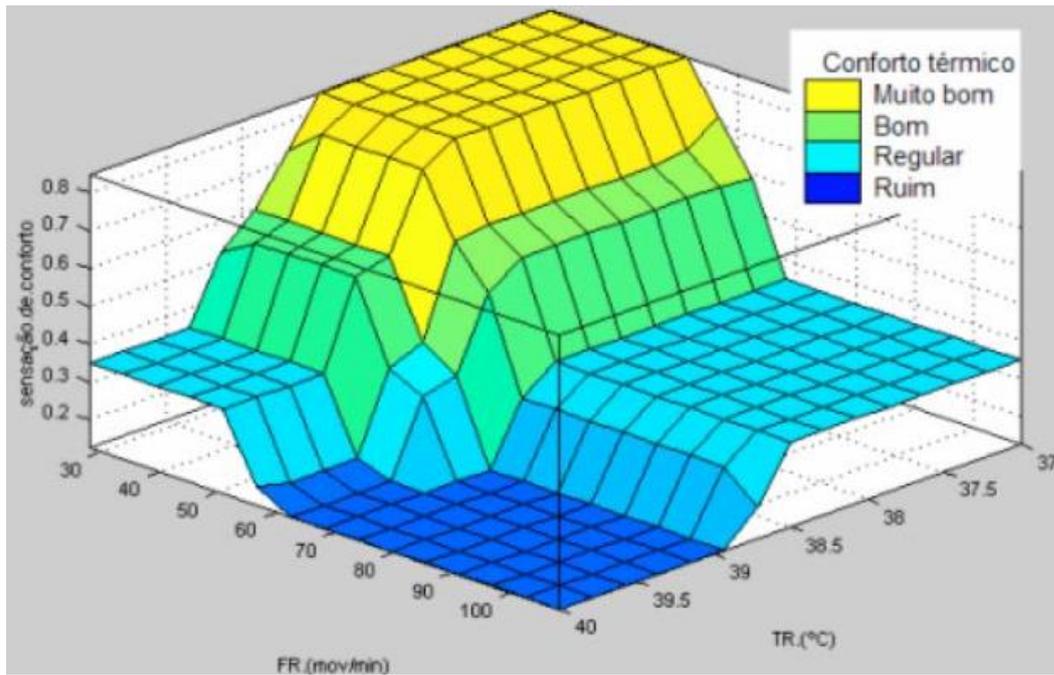


Figura 1. Estimativa do estado de conforto térmico como função da temperatura retal e da frequência respiratória, segundo a classificação *fuzzy*.

FONTE: Perissinoto et al. (2009).

Para avaliar o efeito do ambiente sobre os animais são utilizados índices ambientais, sendo o mais utilizado o índice de temperatura e umidade (ITU) (BOHMANOVA et al., 2007). Trabalhos de grande relevância são publicados com o referido índice (DIKMEN e HANSEN, 2009; COWLEY et al., 2015, COLLIER et al. 2017; POLSKY e VON KEYSERLINGK, 2017). Este foi desenvolvido por Thom (1959), para utilização em humanos, porém aplicável a animais. O ITU é baseado na mensuração da temperatura e umidade relativa do ar, e, existem diversos trabalhos demonstrando diferentes recomendações de valores ideais para esse índice, os quais em sua maioria são entre 72 e 74, vistos como ideais para vacas em lactação (RAVAGNOLO et al., 2000; MARTELLO et al., 2004, BROWN-BRANDL et al., 2005). Entretanto, algumas recomendações indicam que vacas podem iniciar manifestação de sinais de estresse por calor, com valores de ITU próximos a 70 (KADZERE et al., 2002) e 68 (ZIMBELMAN et al., 2009).

Todavia, apesar de este índice ser muito utilizado, devido à facilidade em mensurar as variáveis necessárias, apresenta limitações, pois não leva em consideração a velocidade do vento e a radiação solar direta ou indireta (ARIAS & MADER, 2010). Levando em consideração tais ponderações, Buffington et al. (1981), propuseram o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU). Neste conceito, foi substituída a temperatura de bulbo seco pela temperatura de globo negro, a qual leva em consideração a radiação solar e a ventilação. Essa

proposta indica que valores até 74 para o ITGU proporcionam conforto para bovinos (BAÊTA e SOUZA, 2010).

Esses índices são números indicativos que representam as principais variáveis ambientais que interferem no conforto térmico dos animais, e que servem de referência, pois valores críticos podem desencadear uma série de mecanismos comportamentais e fisiológicos para tentar amenizar o estresse térmico. Mecanismos esses que ocasionam diminuição no consumo de alimento, diminuição da produção, além de afetar saúde e reprodução (OMINSKI ET ai, 2002; LAMBERTZ et al., 2014; RENAUDEAU et al. 2012).

1.1.3 Características climáticas de regiões subtropicais

Diante do exposto no item anterior, fica claro que características climáticas regionais podem influenciar os índices ambientais e, conseqüentemente as respostas fisiológicas dos animais frente a desafios térmicos. Neste sentido, torna-se importante descrever algumas características climáticas de regiões, foco da pesquisa.

O Brasil é um país que apresenta uma grande área territorial com 8.515.767,049 km² (IBGE 2001), que é subdividido em cinco grandes regiões, em que cada uma apresenta características ambientais e climáticas distintas. Devido a isso, há variabilidade quanto à classificação climática, mesmo dentro de um mesmo país. Esta classificação das regiões climáticas apresenta variações entre autores. No entanto, uma das mais utilizadas é a de Köppen-Geiger, em que definiu as classificações levando em consideração a temperatura, pluviosidade e umidade, que influenciam de forma direta a vegetação de cada região Pell et al. (2007).

As regiões que geograficamente estão localizadas ao sul do Trópico de Capricórnio e ao norte do Trópico de Câncer apresentam a denominação de regiões subtropicais, como é o caso da maior porção do Sul brasileiro. O clima subtropical se caracteriza por apresentar temperaturas médias anuais entre 18 e 21° C, com estações do ano bem definidas, invernos que podem atingir temperaturas inferiores a 0° C e verões quentes com mais de 30° C; apresenta precipitações bem distribuídas variando entre 1500 a 2000 mm por ano, o que confere alta umidade em todas as estações (PEEL et al., 2007). Segundo Classificação de Köppen-Geiger, citado por Rubel et al. (2017), a região oeste de Santa Catarina é classificada como clima subtropical úmido (Cfa).

Outro clima existente é o continental úmido, que se caracteriza por grandes amplitudes térmicas, apesar da temperatura média ficar em torno de 8° C, e apresentar verões quentes que ultrapassam os 22° C; todavia, possui invernos muito rigorosos, com temperatura abaixo de -

25° C, sendo que na maioria do ano, ocorre o predomínio de temperaturas baixas. Apresenta verões e invernos bem definidos, sem ocorrência de longos períodos secos, mas com uma precipitação próxima aos 700 mm, o que mantém a umidade relativamente alta. Esse clima é comum em regiões dos Estados Unidos, como Chicago e Minnesota, e em regiões da Europa, como na Suécia (PEEL et al., 2007). Segundo Köppen-Geiger é classificado como clima continental húmido com verões quentes (Dfa) (RUBEL et al., 2017).

Considerando-se que as duas regiões abordadas apresentam diferenças entre si, evidencia-se que, independente da atividade a ser desenvolvida, aspectos climáticos devem ser levados em consideração. Portanto, sistemas de produção animal que são desenvolvidos em determinado local, e são difundidos para outras regiões, devem ser executados com cautela, pois as recomendações de manejo, instalações e equipamentos podem apresentar funcionalidade distinta para cada região, em função dos diferentes fatores climáticos e ambientais.

1.2 SISTEMA DE CONFINAMENTO TIPO *COMPOST BARN*

1.2.1 Histórico do sistema *Compost Barn*

A busca por um sistema de produção animal que proporcione o melhor desempenho dos animais, aliado ao conforto, saúde, proteção e bem-estar, levou o desenvolvimento do sistema *Compost Barn* (CB). Esse sistema teve sua origem por meio de adaptações ao sistema *loose housing* (BARBERG et al., 2007), o qual é baseado em um espaço coletivo para descanso dos animais, em anexo a uma pista de alimentação. No *loose housing*, os materiais utilizados para composição da cama geralmente são palhas, que absorvem parcialmente a urina e dejetos, e não são revolvidos. Esse manejo ocasiona o acúmulo dos dejetos, que são uma fonte de crescimento microbiano, e potencial fonte de contaminação para doenças infecciosas como o caso da mastite Black et al., (2014). Além disso, pode ocasionar a aderência desses resíduos no corpo dos animais, dificultando o manejo de higiene no momento da ordenha.

O desenvolvimento do sistema *free stall*, que consiste em uma área de confinamento, repleta de camas individuais para cada animal, delimitada por estruturas de aço galvanizado, que de acordo com Cook (2009) permite melhor gerenciamento do rebanho fornecendo uma cama limpa e seca, proporcionou resultados positivos, com relação à menor incidência de mastites e escore de sujidades em relação ao sistema *loose housing*. Entretanto, a evolução genética da principal raça destinada à produção de leite (Holandesa) exigiu animais com maior capacidade de consumo e, conseqüentemente maior tamanho. Animais de maior peso, em

constante contato com pisos de concreto, e com algumas superfícies não tão adequadas para descanso, com certa rugosidade, resultam em lesões de jarrete e ocorrência de claudicação (WEARY e TASZKUN, 2000; SOMERS et al., 2003). Essas lesões são consideradas um grande problema de bem-estar na atividade leiteira atual (COOK et al., 2004), influenciam negativamente a produção e o desempenho reprodutivo de vacas leiteiras (SPRECHER et al., 1997; VERMUNT, 2005), tornando assim o sistema *free stall* ora vantajoso, ora em desvantagem frente ao sistema *loose housing*.

Para tentar escapar das limitações impostas pelos presentes sistemas, ocasionadas muitas vezes pelo incorreto dimensionamento de instalações, materiais impróprios e manejos inadequados, novas adaptações foram propostas com o tempo, o que levou à busca e utilização de diferentes materiais destinados como cama, principalmente na década de 80, na Europa e EUA. Nessa década, um dos primeiros galpões de compostagem foi desenvolvido por dois irmãos no estado americano da Virginia, que despertou a curiosidade pelo sistema, levando à construção de mais exemplares nessa região (JANNI et al., 2007). Posteriormente no ano de 2001, no estado de Minnesota, um dos primeiros modelos de compostagem também foi implantado, mais parecido com os modelos atuais desenvolvidos naquele país (BARBERG et al., 2007). Esse galpão consistia em uma pista de alimentação com piso de concreto, e uma parede que separava a área de cama coletiva. Essa cama era composta de raspas de madeira ou serragem, a qual recebia os dejetos dos animais, e era revolvida para ocorrer o processo de compostagem.

A partir desses projetos pioneiros, os quais despertaram a curiosidade dos produtores, houve uma expansão deste sistema com camas coletivas, em que diferentes matérias para a cama eram utilizados. Nos anos de 2003 e 2004, várias notas técnicas foram escritas com algumas curiosidades e características desse novo sistema de produção. Mas até o momento não existia nenhum documento científico publicado sobre esse sistema. Até que no ano de 2007, duas publicações (JANNI et al., 2007 e BARBERG et al., 2007) descreveram cientificamente o sistema *Compost Bedded Pack Barn*, mais conhecido atualmente como *Compost Barn*. Nos anos seguintes, mais publicações científicas foram lançadas, a respeito do assunto (ENDRES et al. 2007; SHANE et al. 2010; KLASS et al. 2010 e LOBECK et al. 2011). Assim, com o passar do tempo aumentou-se o número de adeptos ao sistema, em que há relatos de sua adoção em diversos países, entre eles Estados Unidos, especialmente no Centro-Oeste e Nordeste, Japão, China, Alemanha, Itália, Holanda, Israel, Dinamarca e, recentemente, no Brasil (DAMASCENO, 2012).

1.2.2 Descrição do sistema

A adoção dos sistemas confinados está em constante expansão, impulsionada principalmente pela necessidade de otimização da mão de obra das propriedades, os quais viabilizam a utilização de novas tecnologias que substituem os trabalhos braçais, por equipamentos mecanizados. Com isso, sistemas confinados exigem maior escala de produção para viabilizar os investimentos realizados. Em contrapartida, a adoção de sistemas mais intensivos, como os confinamentos, tem limitado alguns comportamentos naturais da espécie bovina. Problemas que são ocasionados principalmente pela escolha inadequada dos materiais utilizados na confecção dos locais de descanso dos animais, pelo dimensionamento incorreto das instalações e utilização de pisos com pouca aderência, prejudicando o comportamento natural dos bovinos, e afetando a produtividade (VAN GASTELEN et al, 2011). A ocorrência desses erros na parte construtiva afeta a rotina dos animais, e o tempo destinado as atividades naturais de alimentação e descanso. Sendo o comportamento de deitar considerado como um indicador de bem-estar animal (FREGONESI and LEAVER, 2001).

Nesse sentido, o sistema CB tem chamado atenção entre os sistemas confinados devido as características da área de cama, que além de permitir a livre movimentação dos animais, também diminui problemas de locomoção, por apresentar uma superfície de descanso macia e confortável, permitindo aderência e tração aos animais nos movimentos de deitar e levantar. Eckelkamp et al. (2014) demonstraram em pesquisa que vacas alojadas em *free stall*, e posteriormente alojadas no CB permaneceram maior tempo deitadas descansando (9,1 vs. 13,1 h/dia). Os autores justificaram a diferença devido a cama do CB ser mais confortável do que as camas de *free stall*, além da menor área de concreto existente no CB.

De acordo com Janni et al. (2007), o sistema CB também é composto por uma pista de alimentação revestida com piso de concreto, que deve possuir ranhuras para melhor aderência dos animais. Ainda, em anexo possui uma grande área de cama, de livre circulação para descanso dos animais (Figura 2). Como diferencial deste sistema, o material utilizado na área de cama deve ser de origem orgânica, e apresentar alta relação carbono:nitrogênio (C:N), para promover a degradação por microrganismos aeróbicos (NRAES-54, 1992). Segundo Damasceno (2012), os principais materiais utilizados para compor a cama de CB no estado americano do Kentucky, são aparas de madeira seca, e serragem, a qual apresenta menor tamanho de partícula e maior índice de umidade. No entanto, a crescente demanda por esses materiais ocasionou dificuldades de obtenção em determinadas regiões, levando a produtores buscarem outras alternativas disponíveis regionalmente. Em uma pesquisa, Shane et al. (2010) testaram diferentes materiais alternativos para compor a cama de CB, dentre eles palha de trigo,

palha de soja, semente de linhaça, casca de arroz, cascas de café, bagaço, papel e, casca de amendoim, sendo que todos os materiais apresentaram bons resultados, quando manejados seguindo as orientações técnicas.

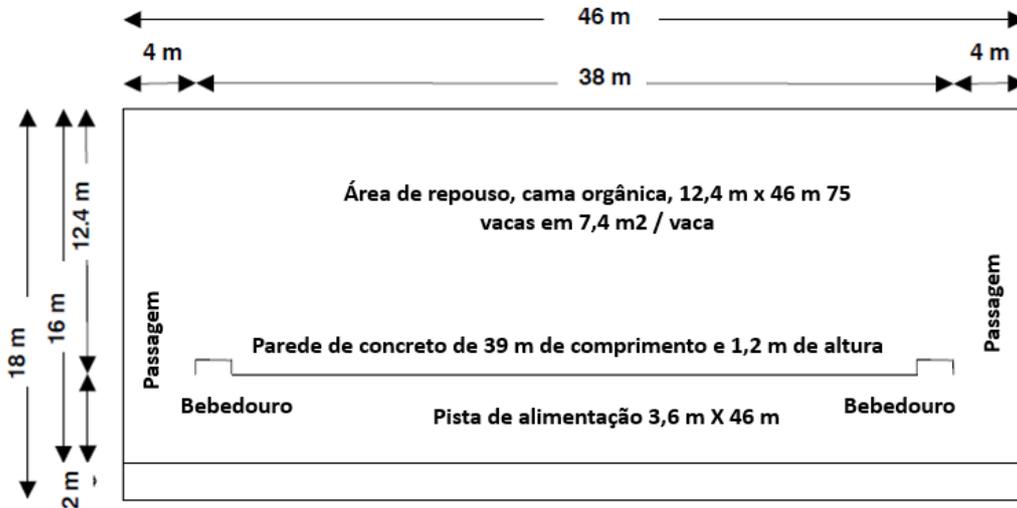


Figura 2. Planta baixa de um estábulo tipo *Compost Barn*.

FONTE: Adaptado de Janni et al., (2007).

Por outro lado, na região de Israel o sistema CB é conduzido com o mínimo de incorporação de outras fontes de carbono na área de cama, promovendo um ambiente muito pobre em carbono. As fontes de carbono seriam basicamente as fezes e a urina animal, o que torna o processo de compostagem muito lento e demorado, sendo necessário área de cama superior a 15 m²/animal (KLASS et al., 2010), além de um bom sistema de ventilação, para ajudar na retirada da umidade do ambiente e melhorar a qualidade da cama.

Diferente do sistema israelense, nos Estados Unidos são reportadas utilização de sistemas com maior taxa de lotação. No estado de Virginia as recomendações eram de 9,3 m²/animal, e em Minnessota 7,4 m²/animal, chegando a ser usual algumas dimensões mais reduzidas, de 6 m²/animal para raças de pequeno porte (JANNI et al., 2007).

Para o sucesso do sistema, um dos principais manejos que devem ser realizados diariamente é o revolvimento da cama, de uma camada de 25 a 30 cm de profundidade, duas vezes ao dia (JANNI et al., 2007). Este revolvimento, pode ser realizado com o auxílio de diferentes equipamentos, como subsoladores convencionais, enxadas rotativas ou equipamentos adaptados. A finalidade deste revolvimento é incorporar os dejetos ao material da cama, e aerar a camadas mais profundas, com a finalidade de proporcionar a atividade microbiana e assim, promover o processo de compostagem. Esse processo promove o

aquecimento da camada inferior da cama, e resulta na evaporação da umidade, o que proporciona então uma superfície macia e seca para o conforto dos animais (SHANE et al., 2010).

O dimensionamento dos comedouros devem seguir às mesmas recomendações do sistema *free stall*, de 46 a 76 cm lineares por animal, pois depende do tamanho do animal e da disponibilidade de alimento para os mesmos (MWPS-7, 2000). Entretanto, cuidado especial deve ser tomado quanto à disposição dos bebedouros, ou seja, no CB deve-se permitir o acesso aos bebedouros apenas pela pista de alimentação, para evitar assim que os animais molhem a cama (caso tivessem acesso por ambos os lados do bebedouro). Esta disposição dos elementos “bebedouro vs. cama”, é o fato que caracteriza o sistema por uma área de cama sobreposta, limitada por paredes de concreto, a qual delimita a pista de alimentação onde são alocados os bebedouros (OFNER-SCHRÖCK et al., 2015).

Outro fator de extrema importância no sistema CB é a utilização de sistemas de ventilação sobre a cama e a pista de alimentação. Como é de conhecimento geral, o próprio metabolismo animal é capaz de produzir uma quantidade considerável de calor, que é liberado no ambiente. Processo que é somado ao calor liberado pela compostagem da cama, que é indispensável, para promover a evaporação da umidade contida na cama. Os autores Black et al. (2013) e Galama et al. (2014), relataram a importância da utilização de sistemas mecânicos de ventilação para promover uma boa circulação de ar, retirar o excesso de calor, gases e odores que podem prejudicar a saúde dos animais em CB. Sendo assim, quando consideram-se os sistemas de ventilação, aspectos construtivos devem ser utilizados a favor do processo de circulação de ar. Para facilitar a retirada de odores e gases com maior temperatura, a inclinação do telhado apresenta grande influência, sendo recomendado inclinações parecida com estâbulos tipo *free stall*, ou seja, entre 33 e 50 % (MWPS-7, 2000). Com maior importância, a presença de lanternins também deve obedecer aos parâmetros de estâbulos tipo *free stall*, mas, com abertura mínima de 31 cm, independente da largura do galpão (BEWLEY, 2012).

Outra recomendação primária, é que o direcionamento do barracão seja no sentido leste oeste, impedindo a entrada direta dos raios solares nas horas mais quentes do dia (BICKERT et al., 2000). Além disso, deve-se respeitar a distância entre barreiras físicas, tanto naturais como artificiais, mantendo no mínimo 25 a 30 m do estábulo (MWPS-7, 2000).

Graves e Brugger (1995) demonstraram que em sistemas confinados, com ventilação natural, os animais apresentaram melhor conforto em com pé-direito entre 3,65 e 4,87 m, somados à utilização de lanternim, sendo recomendada a utilização de pé-direito superior a 4,5 m, para regiões que apresentam verões quentes. No entanto, levando em consideração que os

galpões CB necessitam de pé-direito elevado, a ocorrência de chuvas fortes e neblina, podem ocasionar a entrada de umidade no sistema, que não é desejável. Sendo assim, Bewley (2012) recomendou a utilização de cortinas móveis, que possam permitir a abertura e fechamento da porção lateral conforme a necessidade.

A utilização de ventilação artificial ainda não apresenta padrões específicos determinados, devido às peculiaridades de cada instalação, e da variabilidade dos locais e regiões de implantação do sistema. Contudo, a mesma deve ser planejada para promover a retirada de gases e odores de dentro da instalação e minimizar os efeitos das variações térmicas. Outro ponto fundamental da ventilação artificial é ajudar na retirada da umidade superficial da cama, e manter a superfície da cama fria, principalmente após o revolvimento diário da cama (SHANE et al., 2010). De forma prática, deve-se respeitar a capacidade de movimentação de ar de cada equipamento, o qual deve distribuir o ar dentro do galpão uniformemente, para evitar adensamento de animais em pontos específicos da área de cama, o que poderia ocasionar compactação e umidade em excesso. Deve ser considerado um sistema de ventilação que atenda à demanda do resfriamento dos animais, assim como, a retirada da umidade da cama. Usualmente, os sistemas de ventilação são dimensionados para fornecer uma velocidade de vento próxima a 3 m/s, para atender a demanda dos animais, e para resfriar a superfície da cama. Uma pesquisa realizada por Black et al. (2013), demonstrou que velocidades de 1,8m/s a 5 cm da superfície da cama, proporcionou maiores taxas de secagem da cama, em sistemas com ventilação mecânica. Valores inferiores a esses foram relatados por Lobeck et al. (2012), que avaliaram aspectos microclimáticos em sistema CB naturalmente ventilado no estado do Minnesota, EUA, e relataram ventilação entre 0,5 a 0,93 m/s, o que demonstra menor eficiência em sistemas naturalmente ventilados.

1.2.3 Características do processo de compostagem

O processo de compostagem consiste na ação de microrganismos aeróbicos, que agem sobre materiais orgânicos heterogêneos, que são transformados em compostos químicos mais estáveis, promovendo a liberação de calor, vapor de água e dióxido de carbono (DAMASCENO, 2012).

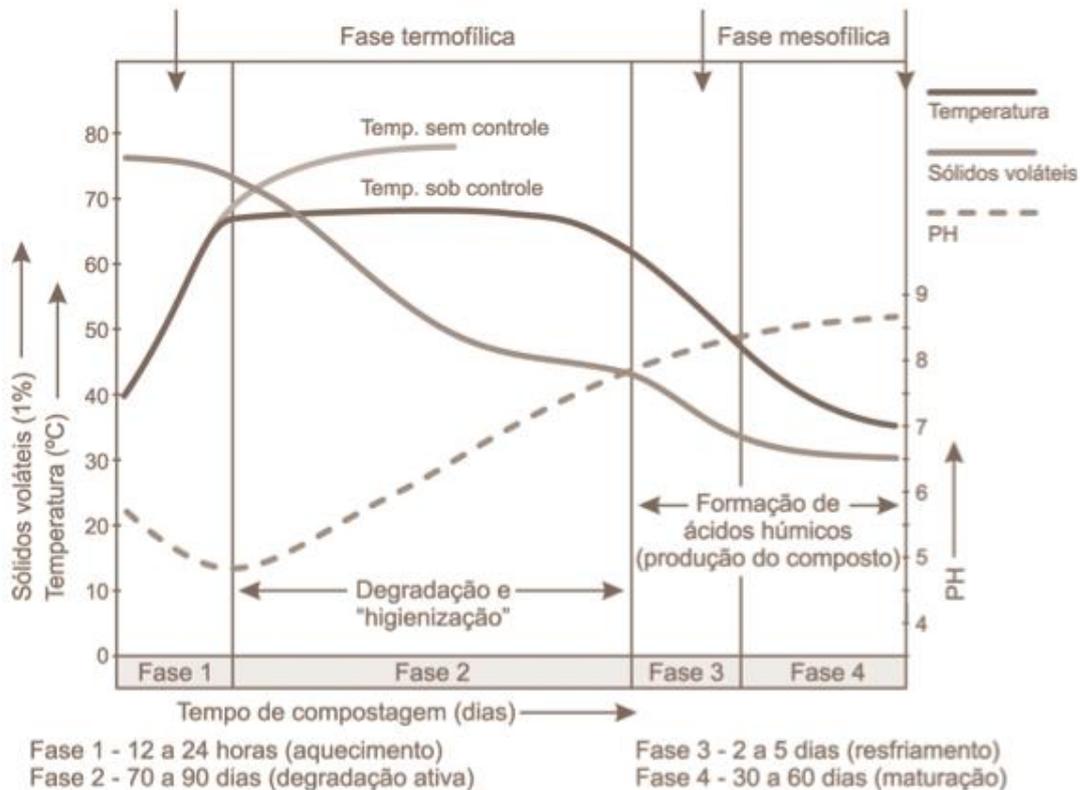


Figura 3. Etapas do processo de compostagem.

FONTE: Pereira Neto (1996).

Para manter a utilização da cama por longos períodos de tempo, é necessária a manutenção constante desse processo de compostagem, para que assim haja a manutenção de um local seco e confortável para os animais. O sucesso dessa utilização por longo período, depende do equilíbrio entre diversos fatores físicos e químicos do meio, como pode ser observado na Figura 3 (Pereira Neto, 1996). Segundo Bewley e Black (2013), a manutenção do processo de compostagem depende da relação C:N, da temperatura, umidade, aeração e pH da cama em equilíbrio, para proporcionar uma cama seca, com baixa população microbiana patogênica. Idealmente, pode-se dizer que o processo de compostagem em um estábulo tipo CB deve-se manter, pelo período mais longo possível, em sua fase termofílica (fase 2), de acordo com a Figura 3 (PEREIRA NETO, 1996).

Os microrganismos presentes na cama precisam de carbono como fonte de energia, e de nitrogênio como fonte de proteína para seu metabolismo, ocorrendo o máximo processo de compostagem quando essa relação está entre 25 a 30:1 (NRAES-54, 1992). De maneira geral, os organismos biológicos precisam de cerca de 25 vezes mais carbono do que nitrogênio (NRAES-54, 1992), por isso a importância de se fornecer carbono e nitrogênio em proporções adequadas para um adequado processo de compostagem. Esta proporção C:N tem relação direta

com a taxa de lotação da cama, que vai determinar a incorporação de fezes e urina, fontes de C e N, necessárias para o processo de compostagem.

Para manutenção da quantidade suficiente de carbono é necessário reposições constantes da cama, como demonstrou o trabalho de Barberg et al. (2007), em que os produtores normalmente adicionam camadas de 5 a 10 cm a cada duas a cinco semanas, dependendo da taxa de lotação do sistema, para manter constante o processo de compostagem. A necessidade de reposição da cama pode ser monitorados de forma simples, pelo próprio produtor, por meio do monitoramento da temperatura da cama. Quanto mais intensa a atividade microbiana, mais eficiente é o processo de compostagem, e maior é a produção de calor, sendo considerado ideal um processo com temperatura entre 54 a 65° C (JANNI et al., 2007). No entanto, mesmo com temperaturas entre 45 a 60 é possível manter o processo de compostagem assegurando a qualidade da cama (DAMASCENO 2012, RADAVELLI et al., 2017).

A temperatura da cama está diretamente relacionada com o teor de umidade, e há correlação direta entre as duas variáveis. O excesso de umidade favorece a compactação da cama, o que diminui a disponibilidade de oxigênio e prejudica o processo de compostagem (JANNI et al., 2007). Teores de umidade entre 40 a 65% são desejáveis para manutenção do processo de compostagem adequado (NRAES-54, 1992). De forma prática, quando a umidade excede os teores recomendados, ocorre aderência do material da cama no corpo dos animais, indicando a necessidade imediata de reposição da cama.

O manejo incorreto da cama, resulta na ineficiência do processo de compostagem, pela falta de oxigenação, e que pode ser verificado pelo excesso de umidade (teores maiores que 60%) e temperaturas mais amenas (inferiores a 40° C); estes fatores favorecem a maior proliferação de microrganismos patogênicos, assim como a aderência das partículas de cama no corpo dos animais, o que pode levar a um aumento na ocorrência de mastite no rebanho (BLACK et al., 2013).

1.2.4 Benefícios do sistema *Compost Barn*

Entre os fatores que estimularam a escolha e a crescente adoção do sistema CB está a hipótese que tal sistema além de potencialmente proporcionar melhor ambiência e a obtenção de índices de conforto térmico adequados (como sistemas *free stall* ou *loosing house*), proporcionaria melhor conforto e bem-estar aos animais estabulados. Para verificar isso, Barberg et al. (2007), avaliaram 12 galpões CB, e obtiveram uma prevalência de claudicação clínica (score ≥ 3) de 7,8 % e lesões de jarrete de 25% (apenas perda de pelo, sem inchaços). Valores superiores foram reportados por Whay et al. (2003), e Espejo et al. (2006), em sistemas

free stall, os quais atingiram 37 e 25 % de claudicação nos rebanhos, assim como no sistema *tie stall*, no qual foram observados 19,6% de claudicação (COOK, 2003). Estudos mais atuais também demonstram uma alta taxa de claudicação em estábulos tipo *free stall*, como é relatado no Canadá e no nordeste dos Estados Unidos, onde a prevalência média de claudicação foi 34 e 63%, respectivamente (VON KEYSERLINGK et al., 2012). Mais especificamente nas regiões de Alberta, Ontario e Québec, no Canadá uma média de 19%, 22%, e 24% de claudicação foi relatado (SOLANO et al., 2015). Valores maiores também em relação às lesões de jarrete foram reportados por Fulwider et al. (2007) que chegaram a encontrar 80% em sistemas *free stall* contendo camas de borracha.

Estudos comparam além da ocorrência de lesões de casco e de pernas, parâmetros produtivos, de qualidade do leite e comportamentais. Neste sentido, Lobeck et al. (2011) realizaram a comparação entre o sistema CB, *free stall* e uma variação do sistema *free stall* com pressão negativa. Os autores obtiveram valores de 4,4, 15,9 e 13,1% para claudicação e 3,8, 31,2 e 23,9% para lesões de jarrete para os sistemas CB, *free stall*, e *free stall* com pressão negativa, respectivamente. Entretanto, as comparações entre escore de condição corporal (ECC), frequência respiratória, prevalência de mastite, e as taxas de mortalidade não diferiram entre os sistemas de alojamento, o que indica que a escolha do sistema depende de fatores econômicos e, da preferência do proprietário.

A transição de outros sistemas para o CB também parece proporcionar benefícios visíveis ao rebanho leiteiro, como demonstrou o estudo de Black et al. (2013), que relataram aumento na produção de leite, diminuição nos valores de contagem de células somáticas (CCS), assim como no intervalo entre partos e dias em aberto. Essas afirmações reforçaram os resultados de Barberg et al. (2007), que demonstraram um aumento médio de 955 kg de leite por lactação, assim como aumento na taxa de detecção de cio e de prenhes de 4,5% e 3,3 %, além de ocorrer redução de 12% na incidência de mastites.

Apesar das visíveis melhorias ocorridas após a mudança para o CB, nem todos os benefícios podem ser atribuídos ao sistema CB. Várias são mudanças realizadas na adoção de um novo sistema de produção, proporcionando algumas facilidades, e maior controle em pontos estratégicos de manejo, e indiretamente proporcionando os resultados positivos, como por exemplo a menor CCS e incidência de mastites. Todavia, Black et al. (2014) verificaram que o processo de compostagem geralmente ocorrido nas camas, não atinge a temperatura necessária para ocasionar a morte dos microrganismos comumente causadores da mastite (*Coliformes*, *Escherichia coli*, *Streptococcus spp*, *Staphylococcus*, e *Bacillus spp.*). Para que isso ocorresse, a temperatura da cama deveria permanecer próxima aos 65°C constantemente, o que é muito

difícil, pela variação dos fatores que afetam o processo de compostagem. Este fato, leva a reflexão de que não é a simples adoção do sistema CB que irá direta e rapidamente solucionar problemas de mastite em um rebanho leiteiro. No entanto, estudos mais recentes realizados por Burgstaller et al. (2016) e Eckelkamp et al. (2016), os quais avaliaram lesões de casco, saúde de úbere, incidência de mastite (CCS) e escore de sujidade dos animais, comparando o sistema CB com o *free stall*, não encontraram diferenças das variáveis avaliadas, entre os sistemas citados.

1.2.5 Adoção do sistema *Compost Barn* no Brasil

O sistema CB passou a ser estudado em diversos locais do mundo, como EUA (ENDRES e BARBERG, 2007; JANNI et al., 2007), Israel (KLAAS et al., 2010), Itália (LESO et al, 2013), Holanda (GALAMA et al., 2014), Espanha (ASTIZ et al. 2014), Brasil (FAVERO et al 2015; PILLATI, 2017; RADAVELLI et al 2017). Estes são países em que se busca aumentar a produtividade, o conforto e o bem-estar dos animais, motivos que levaram o desenvolvimento e adoção desse sistema em seu local de origem (BARBERG et al., 2007). Todavia, pouca informação foi publicada sobre os motivos pelos quais este sistema está em franca expansão no Brasil, bem como sobre suas especificações técnicas, e de manejos intrínsecos a este sistema.

A região Sul do Brasil é atualmente a maior produtora de leite do país, com 34,7% da produção nacional (IBGE, 2014). A região Oeste é responsável por cerca de 75% da produção do Estado, sendo que 95,5% das propriedades rurais possuem menos de 50 hectares de terra (SOUZA, 2009). Segundo o mesmo autor, são propriedades rurais que possuem mão de obra familiar, com rebanhos de pequeno e médio porte. Nesta região, há a eminente necessidade de se otimizar recursos produtivos, o que tem levado a adoção de sistemas confinados, que reduzem algumas variáveis produtivas, e promovem a permanência do produtor na atividade leiteira. O sistema CB vem ao encontro de muitas dessas dificuldades, por apresentar menor custo inicial de construção, comparado a outros sistemas confinados (PEREIRA et al., 2014), e proporcionar resultados iguais ou superiores aos demais, aliados a fatores de melhor conforto e bem-estar animal. Na região Sul, o sistema CB tem sido largamente adotado desde a sua chegada, que se deu por volta do ano de 2012¹.

No entanto, apesar do sistema apresentar menor custo de implantação, e não se tratar de um sistema engessado, muitas são as adaptações realizadas. Devido a isso, alguns aspectos

¹ Informação pessoal.

primordiais necessários para o ideal funcionamento do sistema, estão sendo negligenciados, comprometendo a funcionalidade e os benefícios trazidos pelo sistema, principalmente aspectos relacionados a engenharia de construção das instalações e ao manejo da cama. Alguns dos galpões utilizados para a instalação do sistema CB, não foram construídos exclusivamente para essa finalidade, mas foram construídos anteriormente para criação de outros animais como aves e suínos, e após utilizados para confinamento do gado leiteiro, para aproveitamento das instalações. Essa característica limita muitas das recomendações essenciais para obtenção de conforto e produtividade animal.

A difusão do sistema CB nas regiões do Brasil tem sido cada vez maior, com destaque na região oeste catarinense, sudoeste paranaense e noroeste rio-grandense. Porém, tal disseminação do sistema tem ocorrido de forma muitas vezes empírica, sem obedecer determinadas recomendações já estabelecidas em outros países, como por exemplo em seu país de origem (JANNI et al., 2007 e BARBERG et al., 2007). Modificações nos princípios de funcionamento do sistema, podem gerar grande variabilidade no processo produtivo e no sucesso da utilização do sistema, devido às modificações realizadas.

Frente a todas informações disponibilizadas, surgem questionamentos: na região subtropical brasileira, os produtores devem seguir todas as recomendações já estabelecidas e outros países, que apresentam grande diferença nas condições climáticas, sociais, financeiras e ambientais? Ou, podem ou devem realizar determinadas adaptações momentâneas, mas que todavia não apresentam garantia da manutenção do sistema? Clara é a necessidade de estudos mais direcionados às condições brasileiras, que possam identificar quais são os principais fatores relacionados a instalações, manejo e ambiente que interferem no sucesso da implantação e utilização do sistema *compost barn*, em condições locais.

Objetivos:*Geral:*

Caracterizar o sistema de produção de gado leiteiro denominado *compost barn* na região Oeste Catarinense (que representa a região subtropical do Brasil), e identificar quais são as principais variáveis que interferem no manejo, bem-estar animal, e produtividade do sistema.

Específicos:

1. Realizar um levantamento do número de sistemas *compost barn* presentes na região Oeste Catarinense, a qual possui clima subtropical;
2. Descrever as dimensões das instalações, bem como equipamentos e implementos utilizados na manutenção e funcionamento do sistema;
3. Descrever os principais manejos realizados nas unidades produtoras de leite (UPL), com foco em manejo da cama dos *compost barns*;
4. Avaliar características físicas e químicas das camas, como temperatura, pH, umidade, matéria orgânica e relação C:N;
5. Avaliar fatores relacionados à sanidade, conforto e bem-estar dos animais;
6. Classificar, por meio de análises de cluster, as diferentes UPL que utilizam o sistema *compost barn*, a fim de identificar fatores de produção que beneficiam ou prejudicam o funcionamento do sistema em regiões subtropicais;
7. Desenvolver recomendações técnicas relacionadas ao layout das instalações e manejo da cama para as condições subtropicais brasileiras.

CAPÍTULO II

MANUSCRITOS

Os resultados desta dissertação são apresentados na forma de dois manuscritos, com suas formatações de acordo com as orientações de revistas científicas:

MANUSCRITO I**Caracterização do sistema *Compost Barn* em regiões subtropicais**

Willian Mauricio Radavelli¹, Maria Luísa Apendino Nunes Zotti², Fabio José Gomes², Marcia I. Endres³, Ana Luiza Bachmann Schogor²

¹Universidade do Estado de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Chapecó, Santa Catarina, Brasil. willianradavelli@gmail.com

²Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Zootecnia, Chapecó, Santa Catarina, Brasil. maria.anunes@udesc.br; gomes.fj@outlook.com

³University of Minnesota, Department of Animal Science, Minneapolis, Minnesota, United States of America. miendres@umn.edu

De acordo com normas para publicação em:

Revista Ceres

Caracterização do sistema *Compost Barn* em regiões subtropicais¹

*Willian Mauricio Radavelli*², *Maria Luísa Apendino Nunes Zotti*³, *Fabio José Gomes*³,
*Marcia I. Endres*⁴, *Ana Luíza Bachmann Schogor*^{3*}

RESUMO – O objetivo do presente trabalho foi caracterizar propriedades leiteiras que utilizam o sistema *Compost Barn* (CB), na região subtropical brasileira, quanto a características estruturais, de manejo e de rebanho, e quanto à satisfação dos produtores que optaram pelo sistema (n=30). As propriedades caracterizaram-se por serem de pequeno porte (30 ha totais, com média de 4 trabalhadores), com 49,5 vacas em lactação, com média de produção de 21 litros/animal/dia. Com relação aos galpões, 50% possuíam pista de alimentação anexa à cama, 60% possuíam ventilação mecânica, e 87% deles eram novas edificações (portanto 13% adaptadas), com período médio de uso de 21 meses. Ressalta-se que 43% dos sistemas não receberam assistência técnica no momento da construção das instalações. A área média de cama observada foi de 750 m², e área disponível de descanso por animal de 15m², sendo que 60% das propriedades alojavam somente vacas em lactação no CB, enquanto 40% alojavam também vacas em pré-parto. De forma inédita, reporta-se o uso dos CB parcialmente, sendo que em 36,7% das propriedades, o CB era utilizado somente nas horas mais quentes do dia ou em períodos chuvosos. As características de cama observadas foram 47,8% de MS, pH de 8,81, relação C:N de 10,51 e temperatura em profundidade (20 cm) média de 43,08 °C. As avaliações relacionadas ao conforto e bem-estar animal, demonstraram resultados superiores quando comparados com outros sistemas confinados. E, de forma unânime, todos os produtores relataram benefícios com a adoção do sistema e sentem-se satisfeitos com a escolha realizada.

Palavras-chave: Caracterização, conforto animal, instalações.

Este trabalho é parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.

²Universidade do Estado de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Chapecó, Santa Catarina, Brasil. willianradavelli@gmail.com

³Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Zootecnia, Chapecó, Santa Catarina, Brasil. maria.anunes@udesc.br; gomes.fj@outlook.com

⁴University of Minnesota, Department of Animal Science, Minneapolis, Minnesota, United States of America. miendres@umn.edu

*Autora para correspondência: ana.schogor@udesc.br

Characterization of *Compost Barns* in subtropical regions

ABSTRACT – The objective of the research was to characterize dairy farms that use Compost Barns (CB), in the Brazilian subtropical region, regarding structural, management and herd characteristics, and the producers satisfaction with the system (n = 30). The properties were small (30 ha total, with an average of 4 workers), with 49.5 lactating cows, with an average of 21 liters/animal/day. Regarding the barns, 50% had a feed alley attached to the pack, 60% had mechanical ventilation, and 87% of them were new buildings (therefore 13% adapted), with a mean period of use of 21 months. It is noteworthy that 43% of the producers did not receive technical assistance at the time of barn construction. The average bedded pack area observed was 750 m², with 15m² of pack space per cow, with 60% of the properties housing only lactating cows in the CB, while 40% also housed pre-calving cows. As novelty, we report dairy systems that use CB partially, where 36.7% of the CB were used only during the hottest hours of the day or during rainy periods. The bedded pack presented 47.8% of DM, pH 8.81, C:N ratio of 10.51 and mean depth (20 cm) temperature of 43.08 °C. Evaluations related to comfort and animal welfare have demonstrated superior results when compared with other confined systems. In addition, unanimously, all producers reported benefits with the CB adoption and feel satisfied with the choice made.

Keywords: Characterization, animal comfort, facilities.

INTRODUÇÃO

A produção de animais em sistemas confinados vem ganhando espaço em todo as cadeias de produção, inclusive na bovinocultura de leite. Os motivos que têm levado produtores a adotarem os sistemas confinados, são específicos de cada fazenda; no entanto, os mais comuns envolvem basicamente a falta de mão-de-obra e, as variáveis ambientais, que tornam o trabalho difícil em determinadas épocas, assim como influenciam a disponibilidade de alimento durante o decorrer do ano. E recentemente, de acordo com Perissinoto et al. (2009), há a grande preocupação em fornecer um ambiente mais favorável aos animais, mitigando principalmente os efeitos climáticos nocivos a eles.

De encontro a estas necessidades, para a produção de bovinos de leite, foi desenvolvido o sistema *Compost Barn* (CB), que demonstrou resultados satisfatórios em relação ao conforto animal (Endres e Barberg, 2007), assim como em relação à produtividade das vacas em lactação (Barberg et al., 2007a; Black et al., 2013). O CB teve origem na década de 80, porém somente após 2001 o número de adeptos ao sistema apresentou crescimento (Janni et al., 2007). O CB é

constituído por uma área de cama, geralmente de material orgânico (onde ocorre o processo de compostagem), local em que os animais tem livre circulação, e podem se deitar em diversas posições. Em anexo à área de cama, existe uma pista de alimentação feita de concreto, em que os animais têm acesso ao alimento (Shane et al., 2010) e aos bebedouros, sendo que nos padrões americanos, a separação entre a pista de alimentação e a área de cama é feita por paredes de concreto de 1,20 m (Janni et al., 2007).

A aprovação e satisfação dos produtores pioneiros no sistema (Barberg, 2007a), promoveu sua adoção em outros estados e países, como Estados Unidos (Endres e Barberg, 2007a; Janni et al., 2007), Israel (Klaas et al., 2010), Itália (Leso et al., 2013), Holanda (Galama et al., 2014), Espanha (Astiz et al., 2014), e Brasil (Fávero et al., 2015). Em sua maioria, a adoção do sistema CB seguiu padrões americanos, em que foram adotados os mesmos *layouts* das instalações, técnicas de manejo e gestão do sistema, devido ao seu pioneirismo. No entanto, modificações foram e vêm sendo realizadas por técnicos e produtores, alterando as recomendações iniciais, não havendo um único padrão para ser seguido em todos os locais.

Da mesma forma, na região Sul do Brasil, que em sua maioria apresenta classificação climática subtropical, a adoção do sistema CB cresce de forma acelerada. Crescimento que não segue padrões definidos referente às instalações e manejo, e que tem gerado grandes dúvidas, por parte de técnicos e produtores. Com isso, o presente trabalho pretende identificar e avaliar os sistemas CB em funcionamento na região subtropical brasileira, caracterizar instalações e manejos adotados em local ainda não descritos na literatura, e verificar sua influência sobre conforto, produção e bem-estar animal, assim como a satisfação dos produtores frente aos resultados obtidos.

MATERIAL E MÉTODOS

Para levantamento do número de unidades produtoras de leite (UPL) que possuíam sistema CB na região Oeste Catarinense, e sua localização, foram contatadas as secretarias municipais de agricultura, empresas públicas e privadas de prestação de assistência técnica para bovinocultura de leite, e profissionais ligados à cadeia produtiva que atendem produtores rurais, na região Oeste de Santa Catarina. O levantamento foi realizado em 10 municípios, entre os meses de janeiro a março de 2017. Todavia, de acordo com o levantamento realizado, foram encontradas propriedades que possuíam CB nos municípios de Arvoredo, Chapecó, Guatambu, Ipuacu, Pinhalzinho, São Domingos, Xanxerê e Xavantina, no total de 30 propriedades para o período considerado. O clima destes municípios é classificado como Cfa Subtropical (mesotérmico úmido, com verões quentes), em que a temperatura média anual é de 18 a 19°C,

precipitação média anual de 1.700 a 1.900 mm e umidade relativa do ar média entre 76 a 78% segundo classificação de Koppen-Geiger, descrita por Peel et al., (2007).

As visitas técnicas em cada uma das 30 UPL foram vespertinas, entre janeiro e março de 2017. Na ocasião, foram levantadas características das UPLs, o número de animais alojados no sistema, a categoria animal, características raciais, e o tempo de permanência na instalação (total ou parcial). Também foram coletados dados referentes ao manejo alimentar, de forma a descrever se era utilizado ração total misturada, número de tratos por dia e alimentos utilizados, bem como dados produtivos e índices zootécnicos do rebanho. Além disso, a qualidade da água dos bebedouros dos CB foi determinada (pH, temperatura, condutividade, salinidade) por medidor multiparâmetro (AKSO, Combo 5-01-1114).

As características construtivas e estruturais dos estábulos CB mensuradas foram: comprimento e largura total do galpão, área total de cama e da pista de alimentação, altura do pé-direito, altura de cumeeira, número e dimensões de bebedouros, presença de cortinas e de sistema de ventilação mecânico, material utilizado para cobertura do galpão, presença e formato de lanternins; estas mensurações foram realizadas com auxílio de trenas métricas convencionais e digitais. Baseado nas informações levantadas *in loco*, e nas mensurações, foram obtidos os dados de área de cama disponível por animal (m^2), e de metros lineares de comedouro e de bebedouro por animal. O microclima interno dos CB foi descrito pelas variáveis de temperatura de bulbo seco (C°) e umidade relativa do ar (%), registradas por meio de termohigrômetro (Incoterm®, escala $-10^\circ C$ e $50^\circ C$, erro de $\pm 1^\circ C$). A temperatura de globo negro (C°) foi registrada pela leitura de termômetro comum, acoplado a uma esfera oca de polietileno pintada de preto fosco. Os equipamentos foram alocados no interior de cada estábulo, dispostos em seu centro geométrico (considerando a área total do CB). Todas as avaliações ambientais foram realizadas entre às 14:30 e as 18:30 horas. O registro das variáveis ambientais internas do galpão foi realizada a cada 10 minutos, e apresentadas na forma de média, máxima e mínima, no período de avaliação. O microclima externo ao confinamento também foi determinado por um conjunto semelhante de termômetros, instalados a 1,5 m de altura da superfície do solo, no interior de um abrigo meteorológico. No entanto, os registros das variáveis mensuradas foi realizado a cada hora, nos mesmos horários (das 14:30 às 18:30) que os registros do interior dos galpões, e apresentados na forma de média das avaliações realizadas.

A velocidade instantânea do vento (m/s) foi registrada nos horários coincidentes às medidas de temperatura, por meio de um anemômetro de fio quente multifuncional (Instrutemp®, ITAN-800). Para verificar as condições térmicas das instalações, foi utilizado o

ITGU (índice de temperatura de globo e umidade), conforme Buffington et al. (1981), calculado a partir das variáveis meteorológicas obtidas no interior dos CB.

Para realizar a estimativa da condição de bem-estar dos animais mantidos nos CB foram utilizadas as variáveis escore de limpeza dos animais, frequência de claudicação e lesões de jarrete, bem como, frequência respiratória e temperatura de pelame. A sujidade das vacas foi avaliada, nas regiões do úbere, pernas, coxa e flanco, de acordo com a metodologia proposta por Schreiner e Ruegg (2002). Em todas as propriedades, foi avaliado pelo menos 50% do rebanho, no momento em que os animais estavam na linha de comedouro, se alimentando. Os problemas de claudicação e lesões de jarrete foram avaliados no momento em que os animais saíam da sala de ordenha ou estavam se alimentando no comedouro, em que no mínimo 50% dos animais do rebanho foram avaliados, conforme Sprecher (1997).

A frequência respiratória (mov.min-1) foi aferida pela contagem de movimentos do flanco, durante 15 segundos, sendo posteriormente multiplicada por quatro para obter a contagem por minuto. Posteriormente, também foi avaliada a temperatura de superfície dos animais (C°), sendo aferida 50% dos animais alojados nos CB, tomadas na garupa, flanco, costela (tórax) e pata, conforme adotado por Montanholi et al. (2008), por meio do uso de termômetro de infravermelho (Fluke, série 60).

A temperatura da superfície da cama (C°) foi aferida em seis pontos igualmente distribuídos considerando a cama dos estábulos, com uso de termômetro de infravermelho (pirômetro, Fluke série 60). Nesses mesmos seis pontos também foi mensurada a temperatura em profundidade (C°) de 20 cm, com uso de termômetro de haste digital (Incoterm, ref. 9790.02.1.00, fab 01/2008), de acordo com metodologia adaptada de Black et al. (2013) e a profundidade da cama, com o auxílio de hastes de ferro graduadas, que eram inseridas na área de cama, no entorno dos pontos de coleta. Após as mensurações de temperatura e profundidade, foi colhida uma amostra da cama, de acordo com metodologia proposta por Black et al. (2013), para estimativa de sua massa específica. Após, as amostras individuais foram pesadas, para posterior estimativa da massa específica das camas (kg de matéria natural/m³), de acordo com Jobim et al. (2007). Posteriormente, foi realizado um *pool* de amostras por UPL, para obtenção de uma amostra representativa de todo o estábulo. As análises de matéria seca, matéria mineral, e pH da cama, foram realizadas em duplicata, de acordo com Silva e Queiroz (2002). A partir destas análises foram estimados matematicamente os teores de umidade e matéria orgânica das camas. Os teores de nitrogênio foram determinados pelo métodos de Kjeldahl e os teores de carbono conforme metodologia da Embrapa (1997); estes valores foram utilizados para determinação da relação Carbono/Nitrogênio. Na amostra composta também foi determinada a

capacidade de retenção de água, de acordo com metodologia adaptada para solos (ISO 11465, 1993). A distribuição do tamanho de partículas foi realizado por metodologia adaptada de Damasceno (2012), em que a amostra inalterada, seca por 24 horas ao ar, foi adicionada em um agitador automático na frequência de 80%, permanecendo 3 minutos sobre agitação. As peneiras utilizadas apresentavam crivos de 9,5, 4,75, e 2 mm, mais a porção do fundo. Após agitação, foi quantificada a porcentagem retida em cada peneira.

Por se tratar de uma caracterização das instalações utilizadas no sistema *compost barn*, foi utilizada a estatística descritiva, com seus valores médios, desvios padrão, mínimos e máximos, para as variáveis quantitativas, ou na forma de estratos, com suas respectivas porcentagens, para as variáveis qualitativas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando-se os municípios avaliados, 100% dos galpões tipo CB existentes até o mês de março de 2017 foram visitados nos municípios catarinenses de Ipuacu (9), São Domingos (2), Xanxerê (1), Xaxim (1) e Chapecó (7), e 50% dos galpões existentes nos municípios de Xavantina (1), Arvoredo (1) e Guatambu (3), e 20% dos galpões no município de Pinhalzinho (2). Todos os municípios englobados na pesquisa, estão localizados na região Oeste Catarinense, responsável por mais de 75% do leite produzido no estado, o qual de acordo com IBGE (2016) é o quarto maior estado produtor de leite do Brasil.

As propriedades caracterizaram-se por apresentar área média (seguida de desvio-padrão) de 30 ± 22 hectares, os quais variaram de 7,6 a 130 hectares, ou seja, a maioria das ULP apresentaram pequeno porte, com algumas exceções. Os manejos diários, desde a ordenha à alimentação dos animais, eram realizados em sua maioria pelos proprietários e familiares, o que caracteriza o trabalho das UPL com base em mão-de-obra familiar. Possuíam em média $4 \pm 1,6$ pessoas que auxiliavam na atividade leiteira, variando de 2 a 7 pessoas. O rebanho compreendia em média 115 ± 98 animais, com variações de 22 a 500 animais, devido a englobar algumas propriedade consideradas de médio a grande porte. Do total do rebanho, em média $49,5 \pm 50$ eram vacas em lactação, variando de 12 a 290, vacas secas $11 \pm 9,87$ animais (variando de 2 a 35 vacas), e o restante do animais eram fêmeas em cria e recria. De forma geral, as UPL atendiam as recomendações de estrutura do rebanho, preconizadas por Campos et al. (2006), com a manutenção de 55% do rebanho composto por vacas em lactação, 10% de vacas secas e o restante do rebanho compreendendo animais nas fases de cria e recria. A produtividade média, foi de $21,7 \pm 3,67$ litros/animal/dia, com variação de 15,4 a 30,3 litros/animal/dia, valores modestos para a produtividade animal, considerando-se sistemas confinados. Todavia, essa

produtividade pode ser atribuída a diversos fatores e suas interações, como manejo alimentar, genética animal, e ambiência, e não somente à utilização de galpão do tipo CB.

No estado americano de Minnesota, Barberg et al. (2007a) demonstraram que o principal motivo para adoção do sistema CB foi proporcionar conforto e bem-estar aos animais estabulados. No entanto, na região subtropical brasileira, além da melhora quanto ao bem-estar animal, dentre os motivos apresentados pelos produtores para adoção do sistema, além da melhoria quanto ao bem-estar animal, a busca por aumento de produção foi um motivo expressivamente apresentado pelos produtores, sendo que estas duas respostas, quando somadas corresponderam a 81,86% do total de respostas (Tabela 1). Ainda, devido a características climáticas da região, que apresenta precipitações bem distribuídas variando entre 1.700 a 1.900 mm /ano (Peel et al., 2007), e as características do solo, em sua grande maioria composto por argila, adicionado ao trânsito de animais pesados, há uma significativa formação de lama e de degradação do solo, quando os animais ficam expostos ao ambiente, o que dificulta a realização das tarefas diárias de manejo dos animais. Esses fatores também apresentaram influência sobre a decisão de adotar o sistema CB, com o pressuposto de facilitar os manejos diários, uma vez que, em sua maioria, são realizados por poucas pessoas. Ademais, 13,8% dos proprietários reportaram ter adotado o CB para não parar com a atividade leiteira (que pode ser somado ao bem-estar animal, à diminuição da degradação do solo, ou por simplesmente não parar com a atividade) (Tabela 1).

Satisfação dos produtores

A adoção do sistema CB, assim como em outros locais do mundo (Barberg et al., 2007a, Black et al., 2013) atendeu às expectativas dos produtores frente a diversos aspectos. Todos os 30 produtores entrevistados se disseram satisfeitos com o sistema. Os pontos positivos são referentes a aspectos sanitários, reprodutivos e relacionados ao manejo com o sistema. Quanto à incidência de mastite, 86,2% dos produtores relataram diminuição dessa enfermidade após adoção do sistema, contudo 10,3% dos produtores não observaram melhoria na ocorrência de mastite e para 3,5% dos produtores foi indiferente a mudança de sistema nesse quesito. Os resultados positivos, quando relatados, foram atribuídos pelos produtores à retirada dos animais do contato direto com a lama, principalmente em épocas chuvosas. Este fator também proporcionou melhoria nos quesitos de limpeza dos animais, pois 100% dos produtores relataram animais mais limpos no momento da ordenha, o que facilita os manejos diários. A diminuição de problemas de claudicação também foi relatada, ocorrendo melhorias em 75,9% das propriedades, sendo que 20,7% não apresentaram melhorias e 3,4 % se mostraram

indiferentes ao problema. Este benefício é atribuído à manutenção dos animais em uma superfície macia e plana, sem a presença de superfícies irregulares e pedregosas, com grande potência de ocasionar lesão nas pernas e pés dos animais. Alguns benefícios quanto à reprodução também foram elencados, sendo que 51,7% dos produtores relataram melhor observação de cio dos animais, 27,6 % não notaram diferença e 20,7 % se mostraram indiferentes. Os pontos positivos levantados podem ser pelo fato da maior proximidade dos animais nas instalações, o que permite uma observação mais constante, durante a realização dos manejos próximos ao galpão de confinamento.

Características estruturais dos sistema

Os benefícios iniciais relatados pelos primeiros adeptos ao sistema na região estudada, encorajaram outros produtores a buscá-lo, o que ocasionou uma rápida disseminação do sistema CB pela região, divulgada por técnicos e produtores. Todavia, os galpões foram construídos com base em distintas informações repassadas, e nem sempre semelhantes entre si, o que gerou certas peculiaridades para cada instalação. Este fato pode ser evidenciado pelos valores observados para qual tipo de informação o produtor rural buscou para implantar seu CB, sendo que mais de 60% afirmaram ter utilizado suas próprias experiências construtivas ou visitado outras propriedades que possuíam CB para adquirirem conhecimento. Pode-se dizer que, mesmo os que buscaram algum tipo de assistência técnica, esbarraram em diversas opiniões técnicas, devido a ser um sistema com poucas informações disponíveis para as regiões brasileiras. Essa diferença também ocorre devido as instalações serem adaptadas (13,33% do total), onde anteriormente eram utilizadas para outros fins, como produção de aves e suínos, e agora adaptadas para o sistema CB.

Com relação à orientação das instalações, foram encontrados menos de 50% dos galpões instalados na posição considerada adequada (Leste-Oeste), a qual evita a incidência solar direta nos horários mais quentes do dia, dentro da área de descanso, e evita a concentração dos animais em determinadas áreas, fator que pode comprometer a qualidade da cama. Todavia, devido ao terreno acidentado na maioria das propriedades, a localização dos CB dependeu primariamente da disponibilidade de espaço (também perto da sala de ordenha), sendo então a orientação das instalações, um aspecto negligenciado no projeto.

Devido a prévios investimentos realizados em algumas UPL, em instalações para alimentação coletiva ou individuais dos animais antes da implantação do CB, a pista de alimentação anexa à cama não foi adotada em todos os sistemas CB. No presente levantamento, 37% dos galpões possuíam pista de alimentação em outro local, não anexa à área de cama dos

CB (Tabela 1). Entre os galpões que optaram pela adoção da pista de alimentação anexa à cama, em sua grande maioria, alocaram anexa ao comprimento do galpão. Ressalta-se o cuidado que se deve ter quanto a disponibilidade de comedouro por animal, pois galpões com apenas uma pista de alimentação devem levar em consideração sua largura, respeitando a disponibilidade de comedouros por animal. Segundo Hetti Arachchige et al. (2014), espaços maiores que 75 cm resultam em diminuição dos comportamentos agressivos, melhorando o comportamento ingestivo das vacas em lactação. No presente estudo, os valores referentes ao espaço de comedouro disponível por animal, apresentados na Tabela 2, atenderam às recomendações preconizadas.

Devido a adaptação de algumas instalações para o CB, alguns parâmetros estruturais não permitiram sua modificação, uma vez que a intenção inicial foi diminuir custos de implantação. Fator que pode dificultar alguns manejos, e impedir a instalação de sistemas que contribuem para melhorar a circulação de ar dentro do sistema. Um exemplo disso foi a presença de pilares na área de cama (33% das UPL avaliadas), em sua grande maioria, nas instalações adaptadas. Assim como a ausência do sistema de lanternim, presente em apenas 33% das UPL (Tabela 1), o qual é recomendado para auxiliar na retirada do ar quente, presente dentro das instalações, utilizado nos projetos americanos (Bewley, 2012). Quanto a preocupação dos produtores na instalação de sistemas de ventilação, para manutenção de um ambiente mais favorável, assim como ajudar na evaporação da umidade contida na cama, parece estar com a importância já esclarecida, pois em sua maioria já apresenta ventilação mecânica instalada, em 60% das UPL. Em contrapartida a utilização de sistemas de aspersão, tanto na pista de alimentação como na sala de espera para a ordenha, ainda apresenta poucos adeptos, presente em apenas 30 % dos CB avaliados (Tabela 1).

Como demonstrado por SHANE et al. (2010), vários materiais possuem características consideradas adequadas ao processo de compostagem, permitindo sua utilização, mediante a disponibilidade e viabilidade de cada região. Na região sul devido à disponibilidade, os materiais mais utilizados são maravalha e serragem, presentes em 3,3 e 70 % dos sistemas avaliados respectivamente, ou então utilizadas em conjunto (26,7% dos sistemas), o que justifica a amplitude de valores encontrados para o valor pago pela cama (R\$/m³) (Tabela 2). Pode-se afirmar que inicialmente os valores eram mais baixos, mas com o aumento da demanda de ambos os materiais, houve um aumento nos preços.

Com relação às dimensões dos galpões avaliados, também foi observada variabilidade sem existir padrões definidos, principalmente devido às adaptações que foram realizadas, conforme mencionado anteriormente. A área de cama média observada foi de 750 m², com

disponibilidade média de 15,2 m²/animal (Tabela 2). As áreas de cama por animal observadas são maiores, quando comparadas às utilizadas nos estados americanos de Virginia (9,3 m²/animal), e Minnessota (7,4 m²/animal), chegando a ser usual algumas dimensões de 6 m²/animal para raças de pequeno porte (Janni et al., 2007). Todavia, o valor encontrado assemelha-se aos sistemas israelenses, com área de cama superior a 15 m²/animal (Klass et al., 2010). No entanto, alguns galpões CB ainda apresentavam uma lotação baixa, permitindo a inserção de mais animais, sem comprometer o processo de compostagem.

Os valores médios referente à altura de pé direito e altura de cumeeira (Tabela 2) ficaram abaixo dos valores recomendados para altura de pé direito, de 4,9 m (Janni et al., 2007). Vale ressaltar que devido a presença de uma mureta rente ao solo, com cerca de um metro, com a finalidade de contenção da cama, a área de circulação de ar é diminuída.

Outro ponto observado foi de que muitos dos sistemas avaliados não possuíam muretas laterais, ou possuíam muretas baixas, fator que pode limitar as reposições de cama ou de utilizá-la por períodos mais prolongados. Entre os aparatos usuais, pode-se observar a ausência de cortinas, necessárias principalmente em galpões com abas laterais menores, para diminuir a entrada de umidade ocasionada por chuvas fortes. E ainda, como característica construtiva pode-se destacar a falta de ranhuras no piso da pista de alimentação, ausente em algumas propriedades. Isto pode levar a ocorrência de lesões ocasionadas pela falta de aderência dos animais na superfície do piso, fato relatado informalmente pelos produtores. E, um dos erros observados com grande impacto na qualidade da cama do CB, foi a alocação de bebedouros na área da cama, ou com localização que permitia o acesso aos mesmos pela área de descanso dos animais. Os pontos colocados acima são descritos como essenciais para manutenção da boa funcionalidade do sistema, segundo Janni et al., (2007), Barberg et al., (2007a) e Black et al., (2014).

Manejo dos sistemas

As características de manejo da cama variaram conforme a rotina e disponibilidade de mão de obra de cada UPL. A exemplo da frequência de revolvimento, que em sua maioria era realizada duas vezes ao dia, nos momentos da ordenha dos animais. Todavia, nos sistemas que ainda não apresentavam alta lotação, ou não utilizavam o confinamento total dos animais, realizam apenas um revolvimento diário (Tabela 3). O equipamento utilizado para realizar os revolvimentos era denominado escarificador, presente em 93,33% das UPL. A profundidade de revolvimento era influenciada pela altura da cama, em sua grande maioria (60%) das UPL

era realizada entre 20 a 30 cm, alcançando profundidades maiores de 30 cm em 36,7% das propriedades.

A profundidade da cama não apresenta valores exatos, todavia Janni et al., (2007) relatou valores entre 30 a 50 cm, com certas variações conforme o processo de compostagem e a frequência de reposição de cada sistema. No entanto, os autores citam que profundidades mínimas próximas a 30 cm devem ser respeitadas, para evitar que durante o processo de revolvimento ocorra a incorporação de camadas de solo, que poderá interferir no processo de compostagem. No presente trabalho, a profundidade atual da cama em 50% dos sistemas ficou acima dos 40 cm, e entre 20 e 30 cm representaram 30 % dos sistemas, sendo que foi possível verificar a presença de solo misturado às camas de menor profundidade.

A reposição das camas era realizada mensalmente em 56,7% das propriedades, sendo que nas demais 43,3% propriedades eram realizavam reposições entre 2 a 6 meses, dependendo da intensidade da utilização das camas e de suas condições. Assemelhando-se aos manejos adotados por produtores americanos, descrito por Barberg et al., (2007a), onde a realização de reposições era feita entre 5 a 10 cm, entre duas a cinco semanas de intervalo. O principal parâmetro levado em consideração pelos produtores, no presente estudo, para realizar as reposições de cama eram avaliações visuais e físicas da cama (AVF), parâmetro adotado por 63,33% dos produtores. Contudo, alguns produtores relataram observar em conjunto com a AVF da cama a sujidade dos animais (Tabela 3), obtendo resultados satisfatórios.

Características da cama e variáveis ambientais

Associando-se as características quantitativas e qualitativas obtidas no presente estudo, observa-se que aproximadamente 87% dos proprietários afirmaram que o processo de aquecimento ajuda a secar a cama do CB, sendo que 10% desconhecem sua natureza e/ou finalidade (Tabela 3). Ademais, ressalta-se que em somente 10% das propriedades a temperatura da cama é aferida (Tabela 3).

O teor médio de umidade da cama obtido nas avaliações foi de 47,8 %, portanto dentro dos padrões citados por Nraes 54 (1992), entre 40 a 65%. Contudo, o valor médio para temperatura em profundidade de 25 cm, antes de realizar o revolvimento da cama, foi de 43°C. Este, é considerado fora das recomendações preconizadas por Janni et al. (2007), que relataram temperaturas ideais entre 54 a 65°C. No entanto, consideradas aceitáveis por Petzen et al., (2009), que relataram valores de trabalho próximos a 43 °C. Benley e Taraba (2013) também relataram valores de temperatura consideráveis adequados para a manutenção do processo de compostagem entre 43 a 60° C. Dessa forma, considerando as recomendações de Janni et al.,

(2007) apenas uma propriedade se adequaria aos parâmetros estabelecidos pelo autores; quando consideradas as recomendações de Petzen et al. (2009), e de Benley e Taraba (2013), 50% das UPL do presente estudo apresentaram temperatura de cama adequada. Fato que parece mais adequado, pois muitas das UPL que foram avaliadas, apresentaram camas com características visuais desejáveis para a manutenção da compostagem. Quanto à temperatura superficial da cama, esta apresentou valor médio de 25° C (Tabela 4), próximo a temperatura média interna dos galpões de 28 °C, corroborando com os resultados de Black et al. (2014), de que a temperatura superficial da cama acompanha a temperatura ambiental.

A matéria orgânica (MO) da cama influencia diretamente a disponibilidade de carbono da cama, ou seja, quanto mais MO maior a disponibilidade de carbono para os microrganismos utilizarem (Changirath et al., 2011). No presente estudo, foram encontrados valores médios de 65,30%, considerado baixo, o que pode ter influenciado a baixa relação C:N encontrada. A relação C:N apresentou valores modestos, com média de 10,51:1, inferior a relação de 26,7:1 reportados por Black et al. (2014), mas próxima a relação de 15:1 relatada por Janni et al. (2007). O máximo processo de compostagem ocorre quando essa relação está entre 25 a 30:1 (Nraes-54,1992). Os microrganismos presentes na cama precisam de carbono como fonte de energia, e de nitrogênio como fonte de proteína para seu metabolismo, e têm relação direta com a taxa de lotação, que vai determinar a incorporação de fezes e urina (fontes de nitrogênio), e a frequência de reposições da cama (fonte de carbono), para manter o processo de compostagem constante.

O pH da cama apresentou valor médio de 8,81, bem próximos aos 8,45 e 8,9 reportados por Janni et al., (2007) e Fávero et al., (2015). Estes valores podem ser atribuídos ao tempo prolongado de utilização da cama das UPLs, que pode ocasionar maior incorporação de nitrogênio no meio, e aumento do pH da cama. Segundo Changirath et al. (2011), durante os estágios iniciais de decomposição, os ácidos orgânicos são formados, posteriormente a compostagem continua e os ácidos tornam-se neutralizados, e o composto maduro geralmente tem pH entre 6,0 e 8,0.

A capacidade de retenção de água (W) tem relação direta com o tamanho de partículas, e partículas menores apresentam maior W, no entanto promovem menor aeração na cama, afetando o processo de compostagem (Damasceno, 2012). Fator testado por Changirath et al. (2011), que também relataram o aumento da W com a diminuição do tamanho de partículas. No presente estudo, foram encontrados materiais com W médio de 74,99 %, e apresentaram baixa variação, pois grande parte das camas eram compostas pelo mesmo material.

O valor médio de densidade encontrado no presente estudo foi de 618,70 kg/m³, e apresentou variabilidade entre as UPL. Densidade entre 372,67 e 526,17 kg/m³ foram

encontradas por Fávero et al., (2015), estudando três fazendas que utilizavam o sistema CB no Brasil. A densidade é influenciada pelo manejo diário da cama, que interferem no processo de compostagem e conseqüentemente na evaporação da umidade, e porosidade da cama. Damasceno (2012) encontrou menor proporção de porosidade quando a densidade aparente foi elevada.

O tamanho de partículas presentes nas camas apresentou a seguinte distribuição média: 32,7, 18,36, 16,08 e 29,05 %, na peneiras de 9,75, 4,75, 2 mm e a porção do fundo, respectivamente. A distribuição do tamanho de partículas apresenta grande influência no processo de compostagem, em que partículas muito grandes apresentam menor área específica, e menor quantidade de carbono para utilização dos microrganismos (CUC, 2003). Em contrapartida partículas muito pequenas aumentam as chances de compactação da cama, que podem ocasionar falta de oxigênio e, afetar o processo de compostagem (Nraes-54, 1992). Nota-se a necessidade da utilização de materiais com tamanhos de partícula heterogêneos, porém com distribuição próxima entre seus tamanhos de partícula.

As avaliações da presente pesquisa foram realizadas no verão de 2017, em que foi observada uma pluviosidade satisfatória, e bem distribuída (dados não apresentados). As temperaturas do ar obtidas foram em média 29,25°C, com máxima de 32,33°C. Estes valores foram inferiores à aqueles mensurados no interior dos galpões de CB, atingindo valores máximos de 31°C, e médios de 28,44°C. Estes valores demonstram que apesar da concentração animal dentro dos galpões, que produzem calor pelo metabolismo, somado ao calor oriundo do processo de compostagem da cama, no interior foram obtidas temperaturas mais amenas, quando comparadas ao ambiente externo (Tabela 5).

A diferença entre temperatura interna e externa ao galpões ficou mais significantes quando considerada a temperatura de globo negro (TGN), que representa os processos de radiação solar e a ventilação do ambiente. Foi observada uma diferença próxima a 8°C, entre as temperaturas internas e externas, a qual pode ser ocasionada principalmente pela forte radiação solar presente nessa época, incidindo diretamente sobre o termômetro de globo negro, que simula a interceptação dessa radiação pelo corpo dos animais (o que poderia aumentar a temperatura ambiente e refletir diretamente no conforto e bem-estar dos animais). Vale ressaltar que 40% dos galpões CB avaliados não apresentavam ventilação mecânica (Tabela 1), fator que poderia ampliar essa diferença entre TGN interna e externa dos galpões.

A mensuração dos parâmetros ambientais permitiu a utilização do índice de temperatura e umidade (ITU). Esse indicador é a combinação entre os efeitos da umidade com a temperatura, com intuito estabelecer um valor que represente o conforto de animais. Vacas com

alto nível de produção podem começar a demonstrar sinais de estresse calórico a partir de ITU a cima de 68 (Zimbelman et al., 2009). Índice que apresentou valor bem superior no presente trabalho, com média de 77,5. Este valor indica sinais de estresse ao animais, e pode acarretar, segundo Lambertz et al. (2014) diminuição da ingestão de matéria seca e na produção de leite, assim como pior desempenho reprodutivo e função imune.

Outro índice avaliado foi o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981), o qual representa melhor a influência do ambiente sobre os animais, um vez que leva em consideração a radiação solar e os efeitos da ventilação direta e indireta. O trabalho de Baêta (1985) demonstra que valores até 74 são aceitáveis, e não ocasionam declínio na produção; valores na faixa de 75 a 78 indicam situação de alerta e valores acima de 79, já caracterizariam situação de perigo, com efeitos sobre crescimento e produção. Para esse índice, foi observada uma diferença numérica significativa para os valores de dentro e fora das instalações de CB, com valores de 76,99 e 83,9 respectivamente (Tabela 5). Esta diferença é ocasionada pela radiação solar direta, que em ambientes sem proteção incide diretamente nos animais, resultando em estresse térmico. Este fato pode ser considerado como um ponto positivo observado nos CB na região avaliada.

Frequência respiratória e temperatura de pelame

Na presente pesquisa, foram mensuradas a frequência respiratória de 1020 vacas em lactação, sendo que os valores variaram entre 39 a 116 movimentos/minuto. Deste total, 53,33% dos animais apresentaram frequência respiratória maior do que 60 movimentos/minuto; e, 46,67% apresentavam frequência respiratória inferior a 60 movimentos/minuto. No entanto, se selecionados somente os animais com frequência entre 40 a 80 movimentos/minuto, enquadramos 93,73% dos animais dentro de uma faixa de estresse baixo e estresse médio, conforme a classificação de Silanikove (2000), em que segundo o autor, valores entre 40 a 60 movimentos/minuto, representam baixo nível de estresse, de 60 a 80 estresse médio, de 80 a 120 alto e acima de 150 movimentos/minuto como estresse severo. Sistemas de refrigeração poderiam ser utilizados, pois segundo Robinson (2004), a termólise evaporativa é a única forma de perda de calor que atua em situações cuja temperatura do ar é maior do que a temperatura corporal, ou muito próximas.

A temperatura de pelame apresentou valores médios de 31,41° C, com máxima de 36°C e mínima de 23,5°C, de acordo com mensuração realizada em 1118 vacas em lactação. Valores próximos ao reportados por Vieira et al. (2017), avaliando a temperatura de pelame de vacas em lactação, em diferentes horários, no sistema CB. As 12:00 e as 15:00 horas o autor encontrou

valores de 31,3 e 31,1°C respectivamente, demonstrando pouca variação de temperatura de pelame, apesar da maior temperatura ambiente as 15:00 horas. Este fator pode estar atrelado aos animais não estarem sobre a radiação solar direta.

Escores de locomoção, sujidade, lesões de jarrete e condição corporal

Todas as avaliações referentes aos escores foram realizadas por um único avaliador, e abrangeram entre 995 a 1020 animais, pertencentes às 30 UPL avaliadas. Entre os 995 animais avaliados para escore de claudicação, a maioria não apresentou qualquer tipo de problemas locomotores, classificados com escore 1 (Figura 1). Os animais classificados com escore 2 representaram 21,11%, ou seja, são animais que ainda não apresentam a necessidade de intervenção clínica, para tratamento do problema. A prevalência de claudicação clínica foi atribuída à 2,41% dos animais avaliados, e a claudicação severa em 2,11%. Os valores foram inferiores aos reportados por Cook et al. (2016), que encontraram prevalência de 13% de claudicação clínica, baseado no mesmo sistema de avaliação, para o sistema *free stall*. A menor incidência de claudicação relatada neste estudo, pode estar relacionada ao sistema de produção adotado pela maioria das fazendas antes de migrar para o CB, pois em 96,6% das fazendas, o sistema utilizado anteriormente ao CB era baseado em pastejo, com suplementação concentrada duas a três vezes ou dia.

As avaliações para lesões de jarrete abrangeram 1010 animais, que em sua grande maioria apresentaram baixa incidência (Figura 1). Resultados com maior ocorrência de lesões foram relatados por Barberg et al., (2007b), que encontraram 25,1% das vacas com lesão de jarrete, sendo que 24,1% com queda de pelos e 1,0% com um lesões mais graves com os jarretes inchados. Lobeck et al. (2011), encontrou menor prevalência de lesões de jarrete (3,8%) em sistemas CB, do que em estábulos tipo *free stall* e *cross-ventilated free stall* (23,9% e 31,2% respectivamente). Em estudo mais recente, Eckelkamp et al. (2016) compararam parâmetros entre o sistema CB e *free stall*, e não observaram diferença entre os sistemas, reportando um escore médio de lesões de jarrete próximo a um, indicando aprimoramento nas técnicas de manejo em ambos os sistemas com o passar dos anos.

Os mesmos 1010 animais foram avaliados quanto ao escore de sujidade, e os escores mais presentes foram o número um e dois (em 83,96% dos animais), ou seja, a maioria dos animais apresentavam a parte posterior com menos de 10% da área suja, por matéria orgânica aderida, com média de escore de sujidade de 2 pontos. Pontuação inferior a reportada por Barberg et al. (2007b) que obteve escores próximos a 2,66, em trabalho no estado americano de Minnesota. Escore com maior pontuação (3,1) também foi encontrado por Shane et al.

(2010), os quais avaliaram diferentes materiais utilizados como cama dos CB. Em contrapartida alguns estudos mais recentes como de Black et al. (2013), reportaram na região de Kentucky, escore médio de 2,27, próximo ao relatado no presente estudo.

Pode-se destacar que um dos fatores mais relevantes para a manutenção de animais limpos é o manejo diário da cama, que interfere diretamente em sua umidade, assim como os diferentes materiais utilizados para compor a cama do CB. Um exemplo é o trabalho de Lobeck et al. (2011), no qual compararam três sistemas (CB, free stall e cross-ventilated free stall), e os escores de sujidade foram de 3,18, 2,77 e 2,83, respectivamente. Os autores encontraram interação entre a estação do ano e a sujidade dos animais, em que o sistema CB teve maior escore de sujidade no inverno do que os demais sistemas, devido a dificuldade de manter o processo de compostagem dentro dos padrões desejáveis, devido as características ambientais específicas do período de inverno.

Com relação a condição corporal dos animais, cerca de 94% dos animais apresentavam escore entre 2,75 a 3,5 pontos (n=1020 vacas). Variações aceitáveis, devido as avaliações serem realizadas em animais em diferente fase de lactação e níveis produtivos (Figura 1).

Qualidade da água para consumo dos animais

Os valores médios (seguidos do desvio padrão) referentes aos parâmetros de temperatura, pH, salinidade e sólidos totais solúveis (TDS) foram $26,26 \pm 3,96$, $6,37 \pm 0,91$, $53,99 \pm 48,66$ e $71,28 \pm 63,79$. Com máximos e mínimos de 34,30 e 23,3, 9,97 e 4,98, 188,00 e 1,04, 248,00 e 1,73 para temperatura, pH, salinidade e TDS respectivamente. As recomendações para os valores de salinidade e de TDS não devem ultrapassar 2999 mg/litro de concentração, valor acima desse pode ocasionar diarreias e deprimir o consumo dos animais (NRC, 2001). Quanto ao pH Adams e Sharpe (1995) sugeriram que o pH da água deve ficar entre 5,1 e 9,0, e que valores abaixo ou acima podem facilitar a ocorrência de acidose e alcalose do rumem. Os valores médios encontrados permaneceram na faixa recomendada.

CONCLUSÕES

As propriedades que aderiram ao sistema CB na região subtropical brasileira apresentaram como características o pequeno e médio porte, com rebanhos modestos, e com mão de obra familiar. A decisão pela adoção do sistema CB teve como principal objetivo de aumentar a produção de leite e proporcionar bem-estar aos animais, assim como facilitar os afazeres diários. Grande parte dos produtores não buscaram assistência técnica para construção

das instalações, resultando em instalações diversificadas, algumas sem critérios técnicos definidos, o que dificulta a realização de manejos diários refletindo diretamente em sua funcionalidade. Como erros básicos podemos destacar, a falta lanternim e de cortinados laterais, abas laterais curtas e ausência de frisos no piso da área de alimentação. Todavia, sua maioria possui sistema de ventilação, assim como disponibilidade de comedouros e bebedouros adequado.

Fica evidente a influência do manejo sobre a qualidade de cama, principalmente quanto a frequência de revolvimento, correto dimensionamento da área de cama, e presença de sistema de ventilação. Os sistemas que obedecem esses quesitos, apresentam em sua maioria, a cama dentro dos padrões recomendáveis para a manutenção do processo de compostagem. Contudo, a adoção de CB tem atendido as expectativas dos produtores, com melhorias em questões de produção, conforto e bem-estar animal e humano. No entanto, o bom funcionamento do sistema depende em grande maioria nos manejos diários adotados, os quais ainda precisam ser estudados para melhor entendimento do processo de compostagem, fator primordial para sucesso na produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams RS, Sharpe WE (1995) Water intake and quality for dairy cattle. Penn State Extension Publication DAS95-8.

Adams AE, Lombard JE, Fossler CP, Román-Muñiz IN, Koprál CA (2017) Associations between housing & management practices and the prevalence of lameness, hock lesions, and thin cows on US dairy operations. *Journal of Dairy Science*, 100:1–18.

Astiz S, Sebastian F, Fargas O, Fernández M, Calvet E. (2014) Enhanced udder health and milky yield of dairy cattle on compost bedding systems during the dry period: a comparative study. *Livestock Science*, 159:161–164.

Baêta FC (1985) Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season. 1985. 218 f. Thesis (PhD.) University of Missouri, Columbia,

Barberg, A.E., M.I. Endres, and K.A. Janni (2007a) Dairy compost barns in Minnesota: a descriptive study. *Applied Engineering in Agriculture*, 23:231-238.

Barberg AE, Endres MI, Salfer JA & J Reneau. K.. (2007b) Performance, health and well-being of dairy cows in and housing system in Minnesota. *Journal of Dairy Science*, 90:1575-1583.

Bewley JM, Taraba JL, McFarland D, Garrett P, Graves R, Holmes B, Kammel D, Porter J, Tyson J, Weeks S & Wright. P (2013) Guidelines for managing compost bedded-pack barns. The Dairy Practices Council.

Black RA, Taraba J L, Day GB, Damasceno FA, & Bewley JM (2013) Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. *Journal of Dairy Science*, 96:8060–8074.

Black RA, Taraba JL, Day GB, Damasceno FA, Newman MC, Akers KA, Wood CL, McQuerry KJ & Bewley, J.M (2014) The relationship between compost bedded pack performance, management, and bacterial counts. *Journal of Dairy Science*, 97:2669-323 2679.

Buffington DE, Collazo-Arocho A, Canton GH, Pitt D, Thatcher WW & Collier RJ (1981) Black globe humidity index as a comfort equation for dairy cows. *American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, 24:711 -714.

Campos AL De T & Ferreira A de M (2006) Composição no rebanho e sua importância no manejo. 2. ed. revisada e atualizada. Instrução técnica para o produtor de leite. Embrapa, Disponível em: <<http://www.cileite.com.br/sites/default/files/32Instrucao.pdf>> Acesso em: 27 dez. 2017.

Changirath S, Halbach TR & Dorff R (2011) Media and Media Mix Evaluation for Dairy Barn Compost Bedding Systems. Department of Soil, Water and Climate. Disponível em: <<http://www.soils.um.edu/>>. Acesso em: 02 Janeiro de 2018.

Cook NB, Hess JP, Foy MR, Bennett TB, & Brotzman RL (2016) Management characteristics, lameness, and body injuries of dairy cattle housed in high-performance dairy herds in Wisconsin. . *Journal of Dairy Science*, 99:1–13.

Cornell University Composting (CUC, 2003). The Science and Engineering of Composting. Disponível em: <http://compost.css.cornell.edu/odors/inadeq.porosity.html>, acesso em 21 de dezembro de 2017.

Damasceno FA (2012). Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model. Tese (Agricultural Engineering's) Engineering's Graduate Program, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 391p.

Eckelkamp EA, Taraba JL, Akers KA, Harmon RJ & Bewley JM (2016) Sand bedded freestall and compost bedded pack effects on cow hygiene, locomotion, and mastitis indicators. *Livestock Science*, 190: 48-57.

Embrapa (1997) Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. ver. atual. – Rio de Janeiro, (Embrapa-CNPS. Documentos; 1), 212p.

Endres MI & Barberg AE (2007) Behavior of dairy cows in an alternative bedded-pack housing system. *Journal of Dairy Science*, 90:4192-4200.

Fávero S, Portilho FVR, Oliveira ACR, Langoni H & Pantoja JCF (2015) Factors associated with mastitis epidemiologic indexes, animal hygiene, and bulk milk bacterial concentrations in dairy herds housed on compost bedding. *Livestock Science*, 181:220–230.

Hetti Arachchige AD, Fisher AD, Wales WJ, Auldist MJ, Hannah MC & Jongman, E. C (2014) Space allowance and barriers influence cow competition for mixed rations fed on a feed-pad between bouts of grazing. *Journal Dairy Science*, 97:3578–3588.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (IBGE) (2016) Produção de Pecuária Municipal. Rio de Janeiro, 44:1-51.

ISO 11465 (1993) Soil Quality – Determination of dry matter and water content on a mass basis – Gravimetric method. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 3p. (available at www.iso.ch)

Janni KA, Endres MI, Reneau JK & Schoper WW (2007) Compost dairy barn layout and management recommendations. *Applied Engineering in Agriculture*, 23:97–102.

Jobim CC, Nussio LG, Reis RA & Schmidt P (2007) Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:101-119.

Klaas IC, Bjerg B, Friedmann S & Bar D (2010) Cultivated barns for dairy cows: An option to promote cattle welfare and environmental protection in Denmark? *Dansk Veterinærtidsskrift*, 93:20–29.

Lambertz C, Sanker C & Gauly M (2014) Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems *Journal of Dairy Science*, 97:319–329.

Leso L, Uberti M, Morshed W, Barbari M (2013) A survey of Italian compost dairy barns. *Journal of Agricultural Engineering*, XLIV:17.

Lobeck KM, Endres MI, Shane EM, Godden SM & Fetrow J (2011) Animal welfare in cross-ventilated, compost-bedded pack, and naturally ventilated dairy barns in the upper Midwest. *Journal Dairy Science*, 94: 5469–5479.

Montanholi YR, Odongo NE, Swanson KC, Schenkel FS, McBride BW & Miller SP (2008) Application of infrared thermography as an indicator heat and methane production and

its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). *Journal of Thermal Biology*, 33:468–475.

Morgan KN & Tromborg CT (2007) Sources of stress in captivity. *Applied Animal Behaviour Science*, 102:262–302.

Nraes-54 (1992) *On-Farm Composting Handbook*, ed. R. Rynk. Ithaca, N.Y.: Northeast Regional Agricultural Eng. Service.

Peel MC, Finlayson BL & McMahon TA (2007) Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. *Hydrology Earth System Sciences*. 11:1633–1644.

Perissinotto M, Pereira A, Moura DJ & Cruz V F (2009) Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy. *Revista Ciência Rural*, 39:1492-1498.

Petzen J, Wolfanger C, Bonhotal J, Schwarz M, Terry T & Youngers N (2009) Case study: Eagleview compost dairy barn. Cornell Cooperative Extension of Wyoming County, Warsaw, NY.

Robinson E (2004) Termorregulação. In: Cunningham. J. G. *Tratado de fisiologia veterinária*. 2. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, Cap. 52, 550-561.

Shane EM, Endres MI, Janni KA (2010) Alternative bedding materials for compost bedded pack barns in Minnesota: descriptive study. *Applied Engineering in Agriculture*. 26:465–473.

Silva DJ & Queiroz AC (2002) *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 165p.

Silanikove N (2000) Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, 67:1–18.

Schreiner DA & Ruegg P L (2002) Effects of tail docking on milk quality and cow cleanliness. *Journal of Dairy Science*. 85:2513–2521.

Sprecher DJ, Hostetler DE & Kaneene JB (1997) A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology* 47:1179–1187.

Vieira FMC, Pilatti JA, Rankrape F & Vismara ES (2017) VII Brazilian Congress of Biometeorology, Ambience, Behaviour and Animal Welfare Termorregulação de vacas leiteiras em sistema *compost barn*.

Zimbelman RB, Rhoads RP, Rhoads ML, Duff GC, Baumgard LH & Collier RJ (2009) A reevaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. *Southwest Nutrition and Management Conf. University of Arizona, Tucson*, 158–169.

Tabela 1: Características qualitativas relacionadas a implantação do sistema *compost barn*, e fatores estruturais expressos em frequência (%), de unidades produtoras de leite, localizadas na região subtropical do Brasil, avaliadas entre janeiro e março de 2017, que utilizam o sistema *compost barn* (n=30).

Motivo da adoção do sistema CB	AP+BE 62,07	BE 19,79	BE+NDA 3,45	DDS 10,34	NDA 6,90	NDA + DDS 3,45
Implantação do CB	RAT 3,33	RAT + UPE 3,33	RAT+UP E+VOP 3,33	RAT + VOP 26,67	UPE + VOP 43,33	VOP 20,00
Orientação	E-W 43,33	N-S 20,00	NW-SE 30,00	SW-NE 6,67		
Possui pista de alimentação anexa ao CB	Não 36,67	Sim 63,33				
Local da pista de alimentação	Lateral 50,00	Central 10,00	Central + outra instalação 3,33		Outra instalação 36,67	
Limpeza da pista de alimentação	2 a 6 vezes semanais 4,55		Diária 40,91			
Tipo de telha utilizada na cobertura do galpão de CB	Telha amianto 13,33	Telha de barro 6,67	Telha metálica 80,00			
Possui ventilação mecânica no galpão de CB	Não 40,00	Sim 60,00				
Posição dos ventiladores no galpão	Lateral 11,11	Ventiladores de teto 5,56		Túnel de vento 83,33		
Possui sistema aspersão linha de comedouro	Não 70	Sim 30				
Tipo do galpão utilizado no CB	Adaptado 13,33	Novas instalações 86,67				
Possui lanternim no galpão de CB	Não 66,67	Sim 33,33				
Possui pilares na área de cama	Não 66,67	Sim 33,33				

AP = Aumentar a produção, BE= proporcionar bem-estar aos animais, NDA=Não desistir da atividade, DDS= Diminuir a degradação do solo, RAT= Recebeu assistência técnica, UPEX=Utilizou as próprias experiências construtivas, VOP= Visitou outras propriedades que já possuíam o CB.

Tabela 2: Características quantitativas relacionadas a aspectos estruturais das unidades produtoras de leite, localizadas na região subtropical do Brasil, avaliadas entre janeiro e março de 2017, que utilizam o sistema *compost barn* (n=30).

Parâmetros	Média ± DP¹	Mínimo	Máximo
Tempo de uso do sistema CB (meses)	21,00 ± 13,39	3,00	46,00
Potência do trator utilizado para revolvimento da cama (HP)	75,00 ± 12,38	50,00	105,00
Quantidade de cama adicionada as reposições (m ³)	25,0 ± 14,69	7,00	60,00
Valor pago pela cama (R\$/m ³)	16,00 ± 6,23	7,00	35,00
Comprimento do galpão CB (m)	38,00 ± 20,14	19,00	100,00
Largura do galpão CB (m)	17,00 ± 7,37	10,00	40,00
Área de cama dos galpões CB (m ²)	750,00 ± 551,12	285,00	2800,00
Altura de pé-direito (m)	4,30 ± 0,83	3,00	5,60
Altura de cumeeira (m)	6,40 ± 1,81	4,00	11,00
Quantidade de bebedouros no sistema (und)	3,00 ± 2,65	0,00	12,00
Área de cama por animal (m ² /animal)	15,20 ± 4,06	6,00	21,80
Largura da pista de alimentação (m)	3,45 ± 1,83	0,00	6,00
Disponibilidade de comedouros lineares/animal (metros)	0,78 ± 0,56	0,00	1,74
Disponibilidade de bebedouros lineares/animal (metros)	0,14 ± 0,08	0,00	0,40

¹DP: desvio padrão

Tabela 3: Características qualitativas, expressas em frequência (%), referente ao manejo de cama adotado em sistemas *compost barn*, localizados na região subtropical do Brasil, avaliadas entre janeiro e março de 2017, que utilizam o sistema *compost barn* (n=30).

Frequência de revolvimento da cama	Uma vez ao dia 40,00	Uma vez a cada 2 dias 3,33	Duas vezes ao dia 53,33	Três vezes ao dia 3,33	
Responsável pelo revolvimento da cama	Funcionário 16,67	MF 23,33	Prop 40,00	Prop + Funcionário 16,67	Prop + MF 3,33
Critério utilizado para realizar a reposição de cama	SA+AVF 20,00	AVF 63,33	AVF+UC 6,67	UC 10,00	
Equipamento utilizado para realizar o revolvimento da cama	Enxada de rotativa 3,33	Grade de discos 3,33	Escarificador 93,33		
Profundidade de revolvimento da cama (cm)	Entre 20 a 30 60,00	Mais que 30 36,67	Menos que 20 3,33		
Lote de animais que ocupam o sistema CB	Vacas lactação 60,00		Vacas em lactação + vacas pré-parto 40,00		
Frequência de reposição da cama	Entre 2 a 6 meses 43,33		Mensal 56,67		
Mede a temperatura da cama do CB	Não 90,00	Sim 10,00			
Utiliza a cama o ano todo	Sim 63,33	Não 36,67			
Quais períodos utiliza a cama	Dia todo 63,33		Pchuv+hquen 36,67		
Finalidade de esquentar a cama	Ajudar a secar a cama 86,67	Ajudar a secar a cama + matar as bactérias 3,33		Desconhece 10,00	
Material utilizado para cama	Maravalha 3,33	Serragem 70,00	Serragem + Maravalha 26,67		
Profundidade inicial da cama (cm)	Acima de 30 53,33	Entre 20 a 30 40,00	Menos de 20 6,67		
Profundidade atual da cama (cm)	Entre 20 a 30 30,00	Entre 30 a 40 20,00	Acima de 40 50,00		

Prop= Proprietário, MF=Membro da família, AS= Sujidade dos animais, AVF= Avaliação visual e física da cama, UC= Umidade da cama, Pchuv+hquen= períodos chuvosos e ou horários mais quente do dia.

Tabela 4: Características da cama das unidades produtoras de leite, localizadas na região subtropical do Brasil, avaliadas entre janeiro e março de 2017, que utilizam o sistema *compost barn* (n=30).

PARÂMETROS	Média ± DP¹	Mínimo	Máximo
Temperatura superior, antes de realizar o revolvimento da cama (°C)	25,00 ± 1,71	20,75	28,83
Temperatura superior, após realizar o revolvimento da cama (°C)	26,30 ± 13,64	23,40	31,58
Temperatura em profundidade, antes de realizar o revolvimento da cama (°C)	43,08 ± 6,62	30,67	58,83
Temperatura em profundidade, após realizar o revolvimento da cama (°C)	40,00 ± 20,89	32,30	52,33
Matéria seca da cama (%)	47,87 ± 10,12	25,91	67,21
Matéria orgânica da cama (%)	65,30 ± 13,96	36,91	90,47
pH da cama	8,81 ± 0,51	6,81	9,26
Profundidade da cama (cm)	36,83 ± 14,52	10,50	81,33
Capacidade de retenção de água (W)	74,99 ± 4,89	59,94	83,28
Relação carbono:nitrogênio (C:N)	10,51 ± 4,53	5,92	25,14
Densidade (kg/m ³)	618,70 ± 137,16	445,26	945,88

¹DP: desvio padrão

Tabela 5: Características ambientais avaliadas dentro e fora dos galpões das unidades produtoras de leite, localizadas na região subtropical do Brasil, avaliadas entre janeiro e março de 2017, que utilizam o sistema *compost barn* (n=30).

Parâmetros Ambientais	Média ± DP¹	Mínimo	Máximo
Temperatura interna	28,44 ± 2,62	21,86	30,99
Temperatura externa	29,25 ± 2,95	21,17	32,33
Temperatura globo negro, interna	27,72 ± 2,53	21,95	30,91
Temperatura globo negro, externa	35,83 ± 5,68	22,00	43,83
Umidade relativa, interna	64,61 ± 11,52	43,09	92,31
Umidade relativa, externa	53,39 ± 11,37	26,26	84,85
Velocidade do vento, equipamentos ligados (m/s)	0,90 ± 0,97	0,30	4,53
Velocidade do vento, equipamentos desligados (m/s)	2,10 ± 1,14	1,10	3,10
Índice de temperatura e umidade (THI), interno	77,57 ± 2,96	70,64	80,31
Índice de temperatura e umidade (THI), externo	76,70 ± 3,20	69,30	80,60
Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), interno	76,99 ± 2,89	70,26	81,00
Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), externo	83,90 ± 5,60	70,20	91,50

¹DP: desvio padrão

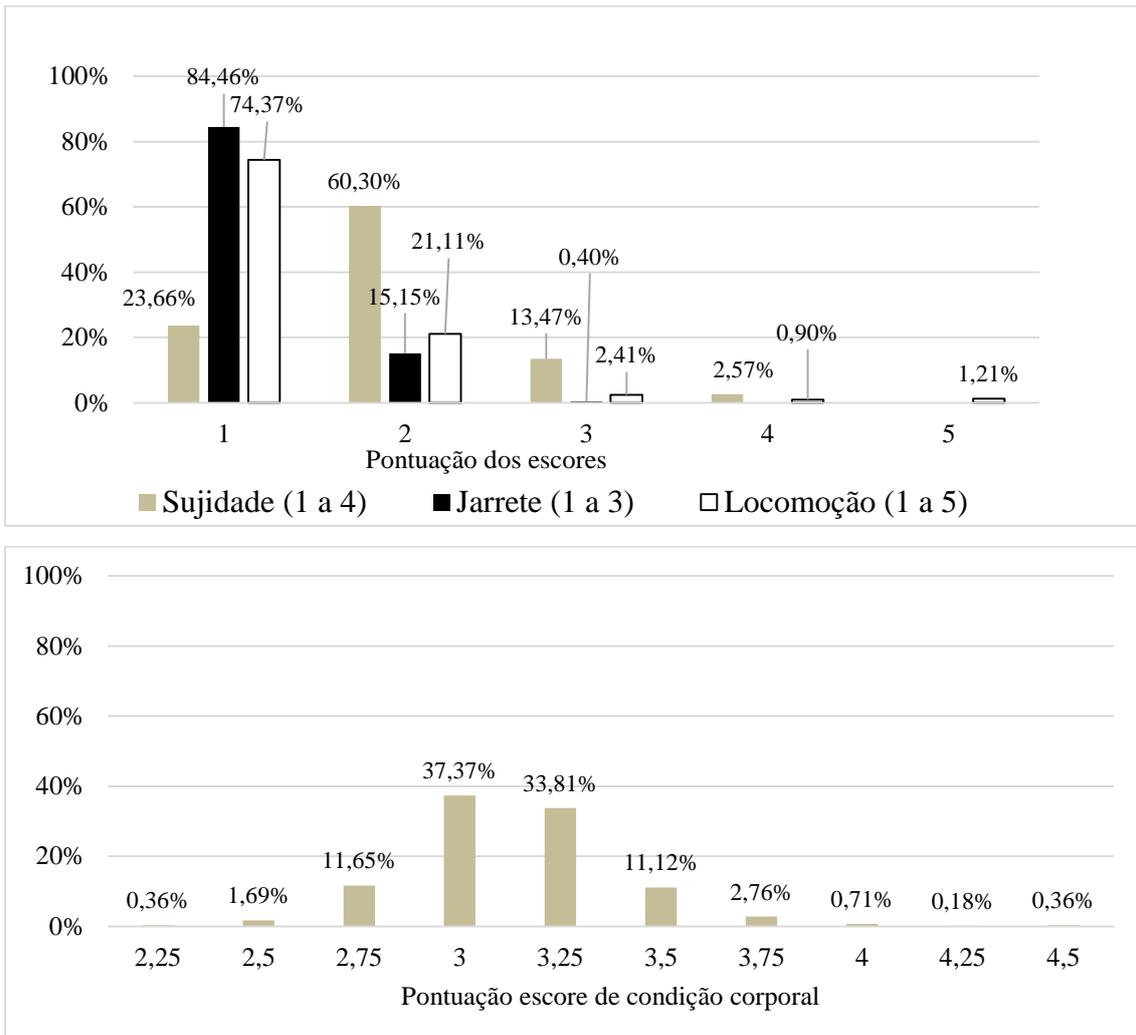


Figura 1: Representação dos escores de sujidade (n=1010), locomoção (n=995), lesões de jarrete (n=1010) e condição corporal (n=1020) dos animais, expressos em frequência (%), realizado nas unidades produtoras de leite, que adotaram o sistema *compost barn* (n=30), localizadas na região subtropical do Brasil, avaliadas entre janeiro e março de 2017.

CAPITULO III

MANUSCRITO II

Classificação de propriedades leiteiras que utilizam sistema *compost barn* em regiões subtropicais brasileiras por meio de análise multivariada

Willian Mauricio Radavelli¹, Maria Luísa Apendino Nunes Zotti², Fabio José Gomes³, Marcia I. Endres⁴, Ana Luiza Bachmann Schogor³

²Universidade do Estado de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Chapecó, Santa Catarina, Brasil. willianradavelli@gmail.com

³Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Zootecnia, Chapecó, Santa Catarina, Brasil. maria.anunes@udesc.br; gomes.fj@outlook.com

⁴University of Minnesota, Department of Animal Science, Minneapolis, Minnesota, United States of America. mailto:miendres@umn.edu

De acordo com normas para publicação em:

Revista Ceres

Classificação de propriedades leiteiras que utilizam sistema *compost barn* em regiões subtropicais brasileiras por meio de análise multivariada²

Willian Mauricio Radavelli², Maria Luísa Apendino Nunes Zotti³, Fabio José Gomes³, Marcia I. Endres⁴, Ana Luíza Bachmann Schogor^{3}*

RESUMO: Este trabalho classifica os sistemas de produção que utilizam o *compost barn* (CB) como sistema de confinamento de vacas leiteiras na região subtropical brasileira, em termos de estrutura da propriedade, de características construtivas, ambientais, e de qualidade de cama, e reporta a variabilidade entre as unidades produtoras de leite (UPL) que o adotaram. Adicionalmente, identifica fatores estruturais e de manejo que interferem nas principais características da qualidade desta cama. Os dados foram obtidos in loco, com mensurações da instalações, observações do rebanho e levantamento de informações técnicas, em 30 UPL. A análise agrupamento, baseada em 12 variáveis, resultou na formação de três grupos: CB convencionais e adaptados (n=18, possuem instalações novas e adaptadas, de diversos tamanhos, com tempo de utilização integral, com características adequadas ou não de cama), CB convencionais de grande porte (n=6, galpões maiores, semelhante aos modelos americanos, com tempo de utilização integral) e, CB de utilização parcial (n=6, utilizados em horas quentes do dia ou período de chuva, com melhores características de cama dentre os grupos, apesar de os CB não possuírem ventilação mecânica e da cama ser revolvida apenas uma vez ao dia). Além das variáveis consolidadas relacionadas ao manejo e qualidade da cama dos CB (MS, MO, pH, W, relação C:N, temperatura e densidade), relata-se que a frequência de revolvimento, disponibilidade de área de cama por animal, presença de ventilação mecânica nas instalações, tipo de material utilizado para compor a cama e a umidade relativa local são fatores que influenciam as principais variáveis da cama, e podem ser um ponto chave para o sucesso do sistema CB em regiões subtropicais brasileiras.

Palavras chave: Características construtivas, conforto animal, produtividade.

²Este trabalho é parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.

²Universidade do Estado de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Chapecó, Santa Catarina, Brasil. willianradavelli@gmail.com

³Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Zootecnia, Chapecó, Santa Catarina, Brasil. maria.anunes@udesc.br; gomes.fj@outlook.com

⁴University of Minnesota, Department of Animal Science, Minneapolis, Minnesota, United States of America. miendres@umn.edu

*Autora para correspondência: ana.schogor@udesc.br

Classification of compost barns in Brazilian subtropical regions through multivariate analysis

ABSTRACT: This work classifies the dairy farms that use compost barns (CB) as a feedlot system for dairy cows in the Brazilian subtropical region, in terms of farm structure, constructive aspects, environmental and compost bedded pack characteristics, and reports the variability among the dairy farms that adopted it. Additionally, this research identifies structural and management factors that interfere in the compost bedded pack quality. The data were obtained *in loco*, with facilities measurements, herd observations and collection of technical information, in 30 dairy farms. The clustering analysis, based on 12 variables, resulted in the formation of three groups: conventional and adapted CB (n=18, with new and adapted facilities, of different sizes, full time using, with adequate pack characteristics or not), large conventional CB (n = 6, larger barns, more similar to American models, full time using) and, partial use CB (n = 6, used in hot hours of the day or rainy season, with better pack characteristics among groups, although do not have mechanical ventilation and the pack is revolved only once a day). In addition to the consolidated variables related to the pack management and quality (DM, OM, pH, W, C:N ratio, temperature and density), it is reported that the stirring frequency, resting space area per animal, presence of mechanical ventilation on the barn, type of material used to compose the bedded pack and local relative humidity are factors that influence the main variables of the pack and can be key points for the success of the CB system in subtropical regions of Brazil.

Key words: Constructive characteristics, animal comfort, productivity.

INTRODUÇÃO

O *compost barn* (CB) é um sistema de confinamento para gado leiteiro que tem como objetivo proporcionar maior conforto, bem-estar e longevidade na vida produtiva dos animais (Barberg et al., 2007), o qual foi desenvolvido por produtores de gado de leite no estado americano da Virginia nos anos 80 e 90. No entanto, somente após 2001 houve a maior disseminação por outros estados americanos (Janni et al., 2007). No CB os animais têm livre acesso a uma área de cama composta por material orgânico, geralmente serragem, que é revolvida diariamente para incorporação das fezes dos animais e de oxigênio. Esse processo favorece o desenvolvimento de microrganismos aeróbicos que realizam a compostagem dos resíduos presentes no meio, o que ocasiona a diminuição de sua umidade e resulta em um local seco e confortável aos animais (Shane et al., 2010).

O sucesso do sistema depende basicamente do gerenciamento da cama para manutenção de processo de compostagem constante, e o equilíbrio entre diversos fatores físicos e químicos do meio são primordiais. Segundo Bewley e Black (2013), a manutenção do processo de compostagem depende da relação C:N, da temperatura, umidade, aeração e pH da cama em equilíbrio, para proporcionar uma cama seca, com baixa população microbiana patogênica. Esses fatores podem ser diretamente afetados por características construtivas das instalações, pelo manejo da cama, pela taxa de lotação adotada e por outras características ainda não descritas ou compreendidas.

De acordo com publicações americanas (Janni et al. 2007, Barberg et al. 2007; Black et al., 2013), as instalações do tipo CB seguem determinados padrões estruturais, possuem diversos equipamentos que auxiliam na manutenção de um ambiente adequado tanto para os animais quanto para manter a qualidade da cama dos estábulos, e tem as características de processo de compostagem bem estabelecidos. Porém, nos últimos anos houve uma disseminação desta tecnologia, ou seja, o uso de CB para países que estão aprimorando a atividade de bovinocultura de leite, como é o caso do Brasil. No entanto, seu desenvolvimento apresenta certas peculiaridades, até mesmo entre as regiões brasileiras devido à grande diversidade ambiental e climática do país. Esta situação ocasiona uma certa diversidade nas características construtivas, assim como nos padrões de manejos adotados. Diante do exposto, a hipótese é de que há variabilidade entre as características dos CB instalados na região subtropical brasileira. Finalmente, os objetivos dos autores com a presente pesquisa são classificar as UPL que utilizam CB na região subtropical brasileira, e as comparar em termos de estrutura da propriedade, de características construtivas, ambientais, e de qualidade de cama; e, identificar fatores estruturais e de manejo que interferem nas principais características da qualidade desta cama.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em oito municípios da região Oeste de Santa Catarina, entre os meses de janeiro a março de 2017. No total, 30 unidades produtoras de leite (UPL) compuseram a amostra, em que até o mês de março de 2017, 100% dos galpões foram visitados nos municípios catarinenses de Ipuçu (9), São Domingos (2), Xanxerê (1), Xaxim (4) e Chapecó (7), 50% dos galpões existentes nos municípios de Xavantina (1), Arvoredo (1), e Guatambu (3) e 20% dos galpões em Pinhalzinho (2). Este levantamento do número de propriedades que utilizavam o sistema CB, se deu por meio da consulta em secretarias municipais de agricultura, empresas públicas e privadas de prestação de assistência técnica para bovinocultura de leite, e

profissionais ligados a cadeia produtiva que atendem produtores rurais, na região Oeste de Santa Catarina, tendo em vista que não existem controles oficiais pelo Estado.

Foi realizada uma visita técnica por UPL, sempre no período vespertino entre as 13:00 e as 18:30 horas. Na ocasião, foram levantadas características físicas e estruturais das UPL, número de animais alojados no sistema, a categoria animal, características raciais, e o tempo de permanência na instalação (total ou parcial). Ainda, foram levantadas características de manejo alimentar (número de tratos por dia, uso de ração total misturada), e, índices zootécnicos do rebanho. As variáveis quantitativas e qualitativas, bem como suas unidades de medida, são descritas na Tabela 1.

Para levantamento das características gerais de manejo, construtivas e ambientais dos sistemas, e características físicas e químicas da cama, foram utilizados os seguintes procedimentos: as medidas estruturais foram tomadas com uso de trenas métricas convencionais e digitais; a temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido foram tomadas por meio de termohigrômetro (Incoterm®, escala -10°C e 50°C, erro de $\pm 1^\circ\text{C}$); a temperatura de globo negro foi registrada pela leitura de termômetro comum, acoplado a uma esfera oca de polietileno pintada de preto fosco. Os equipamentos foram alocados no interior de cada estábulo, dispostos em seu centro geométrico (considerando a área total do CB). Todas as avaliações ambientais foram realizadas entre as 14:30 e as 18:30 horas. O registro das variáveis ambientais internas do galpão foi realizado a cada 10 minutos, e apresentadas na forma de média, máxima e mínima, no período de avaliação. O microclima externo ao confinamento também foi determinado por um conjunto semelhante de termômetros, instalados a 1,5 m de altura da superfície do solo, no interior de um abrigo meteorológico. No entanto, os registros das variáveis ambientais foram realizados a cada hora, e apresentados na forma de média. A velocidade instantânea do vento (m/s) foi registrada nos horários coincidentes às medidas de temperatura, por meio de um anemômetro de fio quente multifuncional (Instrutemp®, ITAN-800). O índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), foi determinado conforme Buffington et al. (1981).

A temperatura da superfície da cama foi aferida em seis pontos igualmente distribuídos considerando a cama dos estábulos, com uso de pirômetro (Fluke série 60). Nesses mesmos seis pontos também foi mensurado a temperatura em profundidade de 20 cm, com uso de termômetro de haste digital (Incoterm, ref. 9790.02.1.00, fab 01/2008), de acordo com metodologia adaptada de Black et al. (2013), e a profundidade da cama, com o auxílio de hastes de ferro graduadas, que eram inseridas na área de cama, entorno dos pontos de coleta. Após as mensurações de temperatura e profundidade, foi colhida uma amostra da cama, de acordo com

metodologia proposta por Black et al. (2013), para estimativa de sua massa específica. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos e acondicionadas em caixas isotérmicas. Após, as amostras individuais foram pesadas, para posterior estimativa da massa específica das camas, de acordo com Jobim et al. (2007). Posteriormente, foi realizado um *pool* de amostras por UPL, para obtenção de uma amostra representativa de todo o estábulo. As análises de matéria seca, matéria mineral, e pH da cama, foram realizadas em duplicata, de acordo com AOAC (1990). A partir destas análises foram estimados matematicamente os teores de umidade e matéria orgânica. Os teores de nitrogênio foram determinados pelo método de Kjeldahl e os teores de carbono conforme metodologia da EMBRAPA (1997), sendo que estes valores foram utilizados para determinação da relação Carbono: Nitrogênio. Na amostra composta também foi determinada a capacidade de retenção de água, de acordo com metodologia adaptada para solos (ISO 11465, 1993). A distribuição do tamanho de partículas foi realizada por metodologia adaptada de Damasceno (2012), em que a amostra inalterada, seca por 24 horas ao ar, foi adicionada em um agitar automático na frequência de 80%, permanecendo 3 minutos sobre agitação. As peneiras utilizadas apresentavam crivos de 9,5, 4,75, e 2 mm, mais a porção do fundo. Após agitação, foi quantificada a percentagem retida em cada peneira.

Foi realizada análise multivariada, com a redução da dimensão dos dados, em que as variáveis mais significativas para a variabilidade foram selecionadas, por meio de análise de componentes principais. A partir da nova dimensão dos dados, foi realizada a análise de agrupamentos, com a metodologia *kmeans* para definição dos grupos, e por meio de iterações foi determinado o número ótimo de grupos, de acordo com o método de *Silhouette* como medida de ajuste. A análise discriminante de Fischer foi utilizada para avaliar a qualidade da definição dos grupos. Foi realizada análise de variância e teste de Tukey ou teste de Qui-Quadrado de Pearson para as variáveis presentes nos dados reduzidos, para avaliar o efeito dos grupos em cada variável. Foi utilizada estatística descritiva para os diferentes grupos de fazendas, as quais foram definidas por meio da análise de agrupamento. Para as análises estatísticas foram utilizados os pacotes “*stats*”, “*factoextra*”, “*MASS*” e “*cluster*”, do *software* estatístico R (*R CORE TEAM*, 2017).

Para testar se as características presentes na estrutura dos galpões CB apresentavam influencia na qualidade da cama, foi realizada análise de variância, com definição dos modelos com melhores ajustes para cada variável por meio do critério de Akaike, utilizando um modelo *stepwise*. O modelo padrão para todas as variáveis foi:

$$\begin{aligned}
 VAR = & MS + pH + MO + PROF.A + C.N. + W + DENSI + PROFCAMA + SUP.A \\
 & + TEMP.I + TEMP.E + URI + URE + \acute{A}REACANIMAL + VENT + LANT \\
 & + \acute{A}REAGALP\tilde{A}O + ALTP\acute{E} + ALTCUMEEIRA + ORIENT + UTILCAMA \\
 & + PROFACAMA + MAT.CAMA + PR + FREQREVOLV + TEMPO
 \end{aligned}$$

Em que: MS é o teor de matéria seca; MO é o teor de matéria orgânica; PROF.A é a temperatura em profundidade antes do revolvimento; C.N. é a relação carbono:nitrogênio; W é a capacidade de retenção de água; DENSI é a densidade da cama; PROFCAMA é a profundidade da cama; SUP.A é a temperatura na superfície antes do revolvimento; TEMP.I é a temperatura interna; TEMP.E é a temperatura externa; URI é a umidade relativa interna; URE é a umidade relativa externa; ÁREACANIMAL é a área de cama por animal; VENT é a utilização de ventilação mecânica; LANT é a presença de lanternim; ÁREAGALPÃO é a área do galpão; ALTPÉ é a altura do pé direito; ALTCUMEEIRA é a altura da cumeeira; ORIENT é a orientação do galpão; UTILCAMA é a utilização da cama o ano todo; PROFACAMA a profundidade atua da cama; MAT.CAMA o material da cama; PR a profundidade do revolvimento; FREQREVOLV a frequência de revolvimento; TEMPO o tempo de utilização da cama.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudos são realizados no sentido de caracterizar diversos sistemas de produção. Na região geográfica objeto desta pesquisa, foram realizados trabalhos como o de Wernke et al. (2016) e Canabarro (2015), que caracterizaram sistemas de produção baseados em qualidade do leite, e o de Hötzel et al. (2014), relacionado a manejo de bezerras. Todavia, é escassa a literatura que descreva os sistemas de produção de bovinos de leite, em confinamento, em regiões subtropicais brasileiras.

Especificamente, os trabalhos de Janni et al. (2007), Barberg et al. (2007), Damasceno (2012) e Black et al. (2013), descreveram as principais características do sistema CB nos Estados Unidos, porém, não se aprofundaram em classificar propriedades que utilizam este sistema de produção, e avaliar se existem diferenças de manejo ou de características do sistema entre produtores, tendo em vista que os estábulos parecem ser mais homogêneos entre si, quanto a características estruturais e de cama dos CB. Neste contexto, esta é a primeira pesquisa que classifica e identifica diferenças entre propriedades que utilizam o sistema CB, o qual se encontra em franca expansão no Brasil. Este estudo demonstrou que UPL que trabalham com sistema CB em regiões subtropicais brasileiras, são de certa forma heterogêneos, devido a

identificação de três diferentes grupos, por meio da análise de agrupamento. As diferenças entre os grupos se deram devido às seguintes variáveis: MO, MS, pH, relação C:N, capacidade de retenção de água e densidade da cama dos CB, área da cama disponível por animal, largura do galpão, frequência de revolvimento da cama, presença de ventilação mecânica, temperatura superior da cama antes do revolvimento e, temperatura em profundidade da cama antes do revolvimento. Os três grupos receberam as seguintes denominações: **CB convencionais e adaptados, CB convencionais de grande porte, e CB de utilização parcial.**

As propriedades avaliadas na presente pesquisa, estão localizadas em oito municípios que juntos, foram responsáveis por 6,8% da produção de leite do estado no ano de 2016, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016).

Análise de componentes principais e definição do número de grupos

Na Figura 1, são apresentadas as 12 variáveis representativas, dispostas no plano cartesiano, e sua influência nas quatro dimensões. A dimensão um corresponde por 27,9% da variabilidade, e as dimensões 2, 3 e 4 representam 24,4 %, 15,3% e 9,3% da variabilidade dos dados. Ou seja, a análise dos componentes principais representadas pelas quatro dimensões são responsáveis por 76,9% da variância dos dados analisados. As variáveis matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), área de cama dos galpões, capacidade de retenção de água (W), frequência de revolvimento, e pH da cama, são as que apresentaram maior influência na variabilidade dos dados pertencentes ao Componente Principal 1. As variáveis que apresentaram maior influência para a variabilidade de dados no Componente Principal 2 foram a relação carbono nitrogênio (C:N), matéria orgânica da cama (MO), W, pH, presença de ventilação mecânica na instalação, largura do galpão e temperatura superior anterior ao revolvimento da cama. Para o Componente Principal 3, as variáveis com maior influência na variabilidade dos dados foram a temperatura em profundidade e frequência de revolvimento da cama. E, no quarto Componente Principal, as variáveis que influenciaram a variabilidade dos dados foram área de cama dos galpões, largura dos galpões e densidade da cama. Vale ressaltar que essas variáveis que apresentaram influencia em cada componente principal, são resultado da redução dimensional de todas as variáveis, ou seja, apenas 12 permaneceram no arquivo de dados.

A determinação do número ideal de grupos foi dada a partir de métodos estatísticos, e não por imposição de um número pré-determinado de grupos. Na Figura 3, de acordo com o método de *Silhouette*, foi possível observar que o valor mais próximo de um (que representa similaridade dentro do grupo, porém representa máxima distância euclidiana entre grupos), foi

obtido quando foram considerados três grupos. Adicionalmente, verificou-se que não houve sobreposição dos grupos, conforme observado na análise discriminante linear de Fischer (dados não apresentados).

Classificação e caracterização dos grupos de propriedades que utilizam CB

A partir do levantamento de inúmeras características relacionadas com as propriedades e o sistema de produção (Tabela 1), a análise de componentes principais apontou que apenas 12, do total de variáveis levantadas, seriam as responsáveis pela maior variabilidade dos dados. Portanto, estas 12 variáveis foram utilizadas para classificar as propriedades em grupos distintos, que são: MO, MS, pH, relação C:N, a capacidade de retenção de água e a densidade da cama, a largura do galpão, área total da cama, frequência de revolvimento da cama, presença de ventilação mecânica no galpão, temperatura superior da cama antes do revolvimento e, temperatura em profundidade da cama antes do revolvimento (Tabela 2).

O grupo um foi composto por 18 UPL, e o grupo 3, por 6 UPL. Como características estruturais de ambos os grupos, os galpões apresentaram as menores larguras e menores áreas de cama. Portanto, o grupo dois, composto por 6 UPL, foi formado por propriedades que possuíam os maiores galpões do tipo CB. Ainda, pode-se afirmar que neste grupo, os CB eram utilizados para confinamento dos animais em período integral, com o maior número de bebedouros dispostos dentro do galpão, devido ao maior número de animais, o que permite atender a demanda do rebanho, que em alguns casos eram separados por lote de produção. O maior número de bebedouros é importante devido a dominância de alguns animais, diminuindo disputas diante desses locais (Bewley et al., 2012). A alocação dos bebedouros também deve ser considerada, os mesmos devem ser instalados na pista de alimentação, ao lado oposto dos comedouros, evitando bebedouros na área de cama (Ofner-Schröck et al., 2015). Devido as características gerais deste **grupo 2**, o mesmo foi denominado de **CB convencionais de grande porte**.

Com relação às características físico-químicas das camas dos CB, o grupo três apresentou os menores valores de pH, maiores relações de C:N, maior teor de MS e maior temperatura de superfície de cama anterior ao revolvimento. Ainda, no grupo 3 nenhuma das UPL possuíam ventilação mecânica na área de cama do CB, e em sua maioria o revolvimento era realizado apenas uma vez ao dia, uma vez que 100% das propriedades deste grupo só utilizavam as instalações do CB em períodos quentes do dia, ou de chuva. Sendo assim, o **grupo 3** foi denominado de **CB de uso parcial**. A temperatura de superfície de cama mais elevada, pode ser devido à algumas características específicas das UPL que compõem o grupo 3. Dentre

elas, pode-se destacar a menor profundidade de cama observada para este grupo, com valores entre 20 e 40 cm, o que pode ocasionar um processo de compostagem mais superficial, conseqüentemente elevando a temperatura superficial da cama. Outro fator que pode contribuir para aumento da temperatura superficial é a ausência de equipamentos para ventilação das instalações, o que leva o acúmulo do calor gerado pelo processo de compostagem e elevar a temperatura superficial da cama. A falta de ventilação também pode ter sido agravada pela menor altura média de cumeeira (5,78 m) e também pela ausência de lanternim (em 83,33% da UPL). Essa abertura na parte mais alta do telhado tem a finalidade de ajudar na retirada do ar quente, maximizar a ventilação das instalações, o que contribui para o resfriamento do ambiente (Bewley et al., 2012).

No grupo 1, foram observados os menores teores de MO e de W, e da relação C:N. Pode-se afirmar ainda que, todas as UPL que possuíam CB adaptado de outras instalações, pertencem a este grupo, e correspondem por 22,2% do total (4 UPL). O **grupo 1** foi denominado de **CB convencionais e adaptados**.

A quantidade de cama reposta nas UPL dos grupos CB convencionais e adaptados e CB de uso parcial, foi menor que para o grupo 2, CB convencionais de grande porte. Esta diferença pode ser possivelmente ocasionada pelo tamanho da área de cama existente entre os grupos, pois o grupo 2 apresenta área de cama significativamente maior em comparação aos demais, necessitando de reposições mais volumosas. Outra diferença existente no grupo de CB convencionais de grande porte, é referente a frequência de reposição da cama, pois todas as UPL desse grupo realizavam reposições mensais, diferente dos outros grupos onde algumas UPL realizam reposições mensais, ou com menor frequência, entre 2 a 3 meses. Entre as características estruturais pode-se destacar também a altura de cumeeira. Esta variável, apesar de não fazer parte do conjunto de variáveis que foram utilizadas para a formação dos grupos, foi testada de forma independente. Para o grupo de CB convencionais de grande porte, a altura média foi superior aos demais grupos, com 8,57 m (sendo iguais para o grupo de CB convencionais e adaptados, com 6,43 m e grupo de CB de uso parcial, com 5,78 m; $P < 0,02$). Esta característica pode ter sido influenciada pelo fato de que todos os sistemas CB convencionais de grande porte foram projetados como novas instalações, ou seja, não foram galpões adaptados, utilizados anteriormente para outra atividade, como algumas propriedades presentes no grupo 1 (CB convencionais e adaptados). Vale ressaltar que a altura de cumeeira, relacionada com a altura de pé direito, interferem a angulosidade de telhado, e este fator pode exercer forte influência na circulação de ar dentro das instalações (Chastain, 2000). E, que

inclinações de telhado entre 30 a 50% apresentam bons resultados quanto a ventilação natural (MWPS-7, 2000).

A diferença observada para o teor de MS da cama, pode estar relacionada com a área de cama disponível/animal e a temperatura em profundidade da cama. Parâmetros que podem sofrer influência das características climáticas de cada região (Eckelkamp, 2014). Em trabalho desenvolvido por Black et al. (2013), no estado americano do Kentucky, os autores descrevem a área de cama média de 9 m²/animal, valores que podem chegar a 6 m²/animal para raças de pequeno porte (Janni et al., 2007), como podem alcançar até 15 m²/animal em sistemas com menor frequência de reposição da cama (Klaas et al., 2010). O elevado desvio padrão observado para as variáveis “área de cama por animal” e “temperatura da cama em profundidade” pode ter contribuído para que não houvessem diferenças estatísticas entre os grupos avaliados. O grupo de CB de uso parcial, apresentou disponibilidade de 16,15 m²/animal, o grupo de CB convencionais e adaptados 14,38 m²/animal e o grupo de CB convencionais de grande porte, 13,50 m²/animal.

A variável “temperatura em profundidade da cama antes do revolvimento”, poderia ser considerada um indicativo se houve um adequado processo de compostagem entre o período decorrido entre o revolvimento anterior e o revolvimento atual (avaliado) das camas. Pois espera-se que, quanto melhor o processo de compostagem, maiores temperaturas seriam encontradas, além de menor teor de umidade (ou maior teor de MS). A temperatura em profundidade da cama antes do revolvimento não diferiu entre os grupos, e seus valores médios não atingiram o preconizado para os grupos 1 e 2, pois Stentiford (1996) afirma que as temperaturas entre 45 e 55 °C maximizam a degradação do material. Todavia, parte das UPL de todos os grupos apresentaram temperatura em profundidade da cama dentro da faixa considerada ideal, principalmente as do grupo 3 (CB de uso parcial). Além da degradação do material, esta faixa de temperatura, segundo Black et al., (2013), ajuda a manter uma cama seca e confortável para os animais. Contudo, não se pode descartar a hipótese de que 4 ou 5°C (diferença numérica encontrada entre grupos), não possam interferir no processo de compostagem e afetar o teor de MS da cama, e esta dinâmica de alteração de temperatura de camas de CB entre revolvimentos, e por períodos mais prolongados, deve ser estudada em diferentes condições climáticas.

Entre os fatores que podem contribuir para a manutenção da MS da cama elevada pode-se destacar o período de utilização dos sistemas CB, pois todas as UPL que constituem o grupo CB de uso parcial, apresentam a utilização estratégica do sistema CB, ou seja, alojavam os animais apenas determinados períodos do dia. Geralmente em horários mais quentes do dia, ou

períodos de alta pluviosidade, o que mantém os animais protegidos de fatores climáticos adversos. No entanto, cuidados devem ser tomados, pois períodos prolongados de alta pluviosidade podem resultar em alta umidade na cama e comprometer o processo de compostagem e ocasionar problemas secundários ao rebanho.

Outra variável que pode sofrer interferência pela área de cama disponível por animal, é a relação C:N, que apresentou valores mais elevados no grupo de CB de uso parcial (grupo 3). Todavia, todos os valores observados ficaram abaixo da relação ideal de 25 a 30:1 (NRAES-54,1992). Vale ressaltar que os microrganismos precisam de cerca de 25 vezes mais carbono do que nitrogênio (NRAES-54,1992), e há relação direta com a taxa de lotação da cama, que vai determinar a incorporação de fezes e urina, fontes de carbono e nitrogênio, para o processo de compostagem.

O maior tempo de utilização da cama, observados para os grupos 1 e 2 (CB convencionais e adaptados e CB convencionais de grande porte), pode estar relacionado ao maior valor de pH encontrados para estas UPL. Um maior período de ocupação leva à maior incorporação de nitrogênio no meio, confirmada pela relação C:N que foi menor nesses dois grupos, levando ao aumento do pH da cama. Segundo Changirath et al. (2011), durante os estágios iniciais de decomposição há formação de ácidos orgânicos, e posteriormente a compostagem continua e os ácidos tornam-se neutralizados, e o composto maduro geralmente tem um pH entre 6,0 e 8,0. Os valores encontrados foram ligeiramente superiores a esta faixa preconizada.

A capacidade de retenção de água (W) não apresentou diferença entre os grupos 2 (CB convencionais de grande porte) e 3 (CB de uso parcial), mas ambos diferiram do grupo 1 (CB convencionais e adaptados), que apresentou a menor W. Segundo Changirath et al. (2011) e Damasceno (2012), materiais que absorvem muita água ou urina não são adequados como material de cama, pois resultam em menor porosidade na cama e dificultam o processo de compostagem. Na pesquisa de Changirath et al. (2011), os autores observaram que a W aumentou com a diminuição do tamanho de partícula, não sendo recomendado materiais com grande proporção de partículas finas. Neste sentido, pesquisas devem ser realizadas para se definir materiais de cama adequados para diferentes características técnicas (a exemplos de taxas de lotação, frequências de revolvimento, distintas condições climáticas, tempo de utilização da cama, etc.).

Diante do exposto, pode-se considerar que o grupo de CB de uso parcial apresentou as melhores características de cama, entre os grupos analisados na presente pesquisa. Foi este uso em tempo parcial que de certa forma permitiu à estas propriedades não possuírem ventilação

mecânica e revolverem a cama somente uma vez ao dia (o que reflete também em menores custos e investimentos). O uso parcial faz com que a cama não receba a mesma quantidade de dejetos do que em sistemas que tenham os animais 100% do tempo confinados. Esta utilização dos galpões tipo CB em tempo parcial é uma característica ainda não foi reportada em pesquisas científicas. E que, de certa forma descaracteriza o uso de sistemas CB como sendo um confinamento para produção intensiva, pois os animais são soltos, principalmente para pastejo, nas horas mais frescas do dia.

No entanto, apesar das UPL do grupo de utilização parcial apresentarem as melhores características de cama, sem a realização do manejo mais intensivo, e com menores investimentos, como ausência de ventilação mecânica, estas estão mais sujeitas a mudanças na qualidade da cama. Períodos prolongados de adversidades climáticas podem forçar essas UPL a utilizarem o CB de forma intensiva, e pela menor frequência de revolvimento e ausência de ventilação mecânica pode ocorrer grande impacto no processo de compostagem, vindo a prejudicar na qualidade da cama. Outro ponto negativo da ausência do sistema de ventilação mecânica no CB, é que estes equipamentos tem a finalidade de auxiliar na retirada da umidade do ambiente e, melhorar o conforto térmico dos animais dentro das instalações. Apesar de não terem sido observadas diferenças nos índices de THI e ITGU entre os diferentes grupos (devido à ausência de condições climáticas muito adversas durante o período da pesquisa), esses parâmetros podem auxiliar e demonstrar a importância do sistema de ventilação para o conforto dos animais.

Em contrapartida, **parte** das UPL avaliadas de usos intensivos, denominados aqui como “convencionais” (que são aqueles projetados o mais próximo possível conforme modelos americanos), ou com instalações adaptadas, independentemente do seu porte (grande, médio, pequeno), de forma geral precisam de investimentos e correções de manejo, para que atinjam valores ideais que permitam melhor compostagem da cama (e portanto, melhor degradação de dejetos, adequada secagem de cama, e melhoria da ambiência animal).

Identificação das variáveis que influenciam a qualidade de cama dos CB

Entre os principais fatores que exercem influência na manutenção da funcionalidade do sistema CB, é de destaque a qualidade da cama, local de descanso dos animais, no qual permanecem o maior período do dia. Neste sentido, os autores da presente pesquisa buscaram entender quais são os principais fatores e características que exercem influência sobre manutenção da qualidade da cama dos CB. Entre as características físicas e químicas da cama mais estudadas e avaliadas em pesquisas científica estão em destaque a MS, temperatura, MO,

pH, W, relação C:N e densidade da cama (Janni et al. 2007, Black et al., 2013; Bewley e Black 2013; Ofner-Schröck et al., 2015). No entanto, estas características podem também ser influenciadas por inúmeros fatores relacionados ao manejo diário, características construtivas, aspectos relacionados aos animais, que ainda não são totalmente compreendidos e conhecidos. Neste sentido, primeiramente foram elencadas algumas das principais variáveis (variáveis resposta, Tabela 3), para serem testadas por meio do modelo proposto e dos ajustes utilizados. Com isso, foram obtidas as variáveis que foram significativas ($P < 0,05$) na variação daquela variável resposta, no sentido de identificar outros fatores relacionado ao CB (citados acima), que poderiam interferir em características já consolidadas como chave de manejo que são a MS, MO, pH, relação C:N, W e densidade da cama, assim como sua temperatura em profundidade.

Segundo Bewley e Black (2013), o processo de compostagem depende de vários fatores que devem estar em equilíbrio. Caso contrário, de fato o processo pode ser comprometido. No presente trabalho, identificou-se que a MO demonstrou exercer influência sobre a MS, W e relação C:N, possivelmente por fornecer substrato aos microrganismos que realizam o processo de compostagem. No entanto, esse substrato deve apresentar um equilíbrio entre os componentes, principalmente quanto a relação C:N, para conseqüentemente manter o equilíbrio entre a MS e umidade da cama. A composição da MO também exerce influência sobre a relação C:N pois quando parte do C disponível é de difícil degradação, oriundo de fontes como a celulose, hemicelulose e lignina, é aconselhável uma relação C:N inicial maior, pois o carbono biodisponível é inferior ao carbono total (Valente et al., 2009).

O teor de MS apresentou influência sobre a MO, pH, W e relação C:N. Neste sentido, Richard et al. (2002) afirmam que materiais com 30% de umidade inibem a atividade microbiana, e que um meio com umidade acima de 65% proporciona uma decomposição lenta, a qual ocasiona também a anaerobiose do ambiente. De forma geral, pode-se afirmar que o excesso de umidade ocasiona falta oxigênio para o processo de compostagem, o que inibe o desenvolvimento de microrganismos que cessam o processo de compostagem, o que interfere de forma direta ou indireta em todos os fatores acima citados.

Entre as variáveis de manejo, se destacou a frequência de revolvimento da cama, que exerce influência sobre a temperatura em profundidade da cama, a W, e a relação C:N. Esse manejo diário afeta diretamente a incorporação de oxigênio no meio, fator primordial, pois segundo Diaz et al. (2007), após algumas horas de compostagem, o nível de oxigênio cai para níveis muito baixos e o oxigênio deve ser incorporado pelo revolvimento do material. A presença do oxigênio resulta na compostagem aeróbica onde os únicos produtos são o CO₂, H₂O e energia. Por outro lado, em uma compostagem anaeróbica ocorre a produção de CH₄ a

ácidos orgânicos de baixo peso molecular, que resultam em odor desagradável (Kiehl, 2004). Dessa forma a presença de oxigênio ocasionada pelos revolvimentos resulta na manutenção do processo de compostagem, que gera aumento da temperatura, que é resultado da degradação dos materiais ou substratos presentes na cama (carbono e nitrogênio). Além disso, resulta na evaporação da umidade e em cama seca e confortável aos animais.

O quesito dimensionamento da instalação também apresentou importância. Entre eles está a disponibilidade de área de cama por animal, que exerceu influência sobre a MS da cama. Como exposto anteriormente, essa variável apresenta diversas recomendações na literatura. Porém, são muitos os fatores que interferem nessa recomendação. Na região foco do presente estudo, as recomendações práticas usuais variam de 10 a 14 m²/animal. Contudo, quanto menor a área disponível por animal, maior é a incorporação de fezes e urina na cama, o que pode levar a um aumento na umidade do material, o qual então necessitará de manejo mais cuidadoso e adequado, para não comprometer o processo de compostagem. Neste sentido, para evitar erros de manejo, o produtor deve iniciar com uma lotação menor, aumentar de forma gradual, e acompanhar as condições da cama, pois os fatores de manejo animal e da cama, as condições ambientais locais, e as características do material utilizado exercem influência sobre a qualidade da cama.

Levando em consideração a influência que as características ambientais podem ocasionar na qualidade da cama, foi observado efeito da UR do ar aferida dentro das instalações, sobre a MS da cama. Segundo Black et al. (2014), a temperatura superficial da cama acompanha as condições ambientais, sendo que a UR do ar também pode ocasionar diminuição MS principalmente na camada superficial da cama. Além disso, pode possivelmente dificultar a evaporação da umidade presente na cama, por apresentar alta UR no ar. Esse fator pode apresentar grande impacto nas UPL que utilizam o sistema CB parcialmente, ou seja, em períodos com alta pluviosidade, onde a UR do ar se eleva, e a manutenção dos animais dentro das instalações é prolongada, pois podem resultar em modificações drásticas na qualidade da cama, em curto período de tempo. Fator que pode ser agravado pelo fato das UPL que utilizam o CB de forma parcial, apresentam rotinas de manejo da cama menos intensivas, como menor frequência de revolvimento, além de não dispor de sistemas de ventilação mecânica.

O período de utilização dos galpões CB (integral ou parcial), também apresentou efeito sobre a MS da cama. Fator que possivelmente resultou na maior MS da cama encontrada nos CB do grupo 3 que foi determinante para serem caracterizados como “CB de uso parcial”. Nesses casos onde os animais não permanecem o dia todo confinados, a incorporação de dejetos na área de cama é menor, o que pode prolongar o processo de compostagem, pela falta de

nitrogênio para os microrganismos. Segundo Valente et al. (2009), a carência de N é limitante no processo, por ser essencial para o crescimento e reprodução dos microrganismos. Essa menor incorporação de dejetos também resulta na manutenção da MS mais elevada, devido a esses componentes apresentarem maior umidade que o material da cama.

Além dos fatores acima citados, outros também podem apresentarem influência sobre as variáveis respostas. Mas, devido à interação entre esses fatores, são necessário mais estudos específicos, que venham a contribuir na identificação de outras variáveis que influenciem na qualidade da cama dos CB.

CONCLUSÕES

Os sistemas *compost barn* (CB) são heterogêneos, e os galpões caracterizam-se por apresentarem tamanho distintos, por parte destes serem adaptados de instalações já presentes nas unidades produtoras de leite (UPL), e parte serem construídos para utilização exclusiva no sistema CB. De forma inédita, reporta-se o uso do sistema CB de forma parcial, em períodos de adversidades climáticas (horários mais quentes do dia e épocas de alta pluviosidade). Fato que influenciou da denominação de grupo 3 (CB de uso parcial) que apresentou as melhores características de cama (MS, relação C:N, pH e W) mesmo com manejo de cama menos intensivo e, sem presença de ventilação mecânica nos galpões. No entanto, vale ressaltar que o sistema de ventilação além de ajudar na retirada da umidade do ambiente, também tem a finalidade ajudar no conforto térmico dos animais, sendo recomendado a sua utilização mesmo em UPL que utilizam o CB de forma parcial.

Além das variáveis já estudadas e definidas como fundamentais para o processo de compostagem (MS, MO, pH, relação C:N, W, densidade e temperatura), a frequência de revolvimento, disponibilidade de área de cama por animal, presença de ventilação mecânica nas instalações, tipo de material utilizado para composição da cama e a umidade relativa local, são fatores que influenciam as principais variáveis da cama, e podem ser um ponto chave para o sucesso do sistema CB em regiões subtropicais brasileiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. Official methods of analysis. 15^a ed. Association of Official Analytical Chemists. 300 Arlington. Virginia. 1117p, 1990.

Barberg, A.E., M.I. Endres, and K.A. Janni (2007) Dairy *compost barns* in Minnesota: a descriptive study. *Applied Engineering in Agriculture*, 23:231-238.

Bewley, J. M., J. L. Taraba, G. B. Day, and R. A. Black (2012) Compost bedded pack barn design features and management considerations. Cooperative Extension Publ. ID-206, Cooperative Extension Service, University of Kentucky College of Agriculture, Lexington KY, 150p.

Bewley JM, Taraba JL, McFarland D, Garrett P, Graves R, Holmes B, Kammel D, Porter J, Tyson J, Weeks S & Wright. P (2013) Guidelines for managing compost bedded-pack barns. The Dairy Practices Council.

Black RA, Taraba J L, Day GB, Damasceno FA, & Bewley JM (2013) Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. *Journal of Dairy Science*, 96:8060–8074.

Black RA, Taraba JL, Day GB, Damasceno FA, Newman MC, Akers KA, Wood CL, McQuerry KJ & Bewley, J.M (2014) The relationship between compost bedded pack performance, management, and bacterial counts. *Journal of Dairy Science*, 97:2669-323 2679.

Buffington DE, Collazo-Arocho A, Canton GH, Pitt D, Thatcher WW & Collier RJ (1981) Black globe humidity index as a comfort equation for dairy cows. *American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, 24:711 -714.

Canabaro LO (2015) Tipologia de unidades produtoras como ferramenta para explicar a qualidade do leite no planalto norte catarinense. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis- SC, 90p.

Changirath S, Halbach TR & Dorff R (2011) Media and Media Mix Evaluation for Dairy Barn Compost Bedding Systems. Department of Soil, Water and Climate. Disponível em: <<http://www.soils.um.edu/>>. Acesso em: 02 Janeiro de 2018.

Chastain JP (2000) Designing and managing natural ventilation systems. In: *Proceedings... Dairy Housing and Equipment Systems: Managing and planning for profitability*. NRAES publication, 129: 147-163.

Damasceno FA (2012). Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model. Tese (Agricultural Engineering's) Engineering's Graduate Program, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 391p.

Diaz LF, Bertoldi M, Bidlingmaier W & Stentiford E (2007). *Compost Science and Technology*. Chapter 4 Factors that Affect the Process, 8: 49-64.

Eckelkamp EA (2014) Compost Bedded Pack Barns for Dairy Cattle: Bedding Performance and Mastitis As Compared To Sand Freestalls" Theses and Dissertations--Animal and Food Sciences. 43. https://uknowledge.uky.edu/animalsci_etds/43

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. ver. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p.: (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

Hotzel MJ, Longo C, Balcão LF, Cardoso CS & Costa JHC (2014) A Survey of Management Practices That Influence Performance and Welfare of Dairy Calves Reared in Southern Brazil. *Plos One*, 9 :114995.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (IBGE) (2016) Produção de Pecuária Municipal. Rio de Janeiro, 44:1-51.

ISO 11465 (1993) Soil Quality – Determination of dry matter and water content on a mass basis – Gravimetric method. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 3p. (available at www.iso.ch)

Janni KA, Endres MI, Reneau JK & Schoper WW (2007) Compost dairy barn layout and management recommendations. *Applied Engineering in Agriculture*, 23:97–102.

Jobim CC, Nussio LG, Reis RA & Schmidt P (2007) Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:101-119.

Klaas IC, Bjerg B, Friedmann S & Bar D (2010) Cultivated barns for dairy cows: An option to promote cattle welfare and environmental protection in Denmark? *Dansk Veterinærtidsskrift*, 93:20–29.

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

NRAES-54. (1992) On-Farm Composting Handbook, ed. R. Rynk. Ithaca, N.Y.: Northeast Regional Agricultural Eng. Service.

Ofner-Schröck E, Zähner M, Huber G, Guldemann K, Guggenberger T & Gasteiner J (2015) *Compost barns* for dairy cows aspects of animal welfare. *Journal of Animal Science*, 5:124-131.

Peel MC, Finlayson BL & McMahon TA (2007) Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology Earth System Sciences*, 11:1633–1644.

Shane EM, Endres MI, Janni KA (2010) Alternative bedding materials for compost bedded pack barns in Minnesota: descriptive study. *Applied Engineering in Agriculture*, 26:465–473.

Silva DJ & Queiroz AC (2002) Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 165p.

Stentiford EI (1996) Composting control: Principles and practice. The Science of Composting, Part 1. M. de Bertoldi, P. Sequi, B. Lemmes, and T. Papi, ed. Blackie Academic and Professional, London, UK, p,49–59.

Sprecher DJ, Hostetler DE & Kaneene JB (1997) A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology*, 47:1179–1187.

Valente BS, Xavier EG, Morselli TBGA, Jahnke DS, Brum Jr BS, Cabrera BR, Moraes P de O & Lopes DCN (2009) Fatores que Afetam o Desenvolvimento da Compostagem de Resíduos Orgânicos. *Arquivos de Zootecnia*, 58:59-85.

Werncke D et al. (2016) Qualidade do leite e perfil das propriedades leiteiras no sul de Santa Catarina: abordagem multivariada. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68:506-516.

Tabela 1: Variáveis qualitativas e quantitativas coletadas em 30 unidades produtoras de leite que utilizam o sistema *compost barn* em região subtropical.

Grupo de variáveis	Variável (unidade de medida)	Classificação
Produtivas e do rebanho	Área total da fazenda (ha)	Quantitativa
	Número de Pessoas que trabalham com a atividade (unidades)	Quantitativa
	Número total de animais, de vacas em lactação e secas (unidades)	Quantitativa
	Raça do rebanho (%)	Qualitativa
	Produção média diária/animal (litros/dia)	Quantitativa
Manejo alimentar do rebanho	Utiliza Ração Total Misturada com vagão forrageiro (%)	Qualitativa
	Recebe assistência técnica para formular a dieta (%)	Qualitativa
	Número de tratos diários (unidades)	Quantitativa
Manejo de ordenha	Possui sala de espera coberta com sombra (%)	Qualitativa
	A sala de espera possui água para consumo dos animais (%)	Qualitativa
	A sala de espera possui sistema de resfriamento (%)	Qualitativa
	Utiliza ordem de entrada dos animais na sala de ordenha (%)	Qualitativa
	Utiliza luvas para ordenha dos animais (%)	Qualitativa
	Realiza limpeza das teteiras entre ordenha de um animal e outro (%)	Qualitativa
	Despreza os três jatos antes da ordenha (%)	Qualitativa
	Frequência de utilização do CMT (%)	Qualitativa
Frequência de mastite no rebanho (%)	Qualitativa	
Características gerais de manejo do sistema	Limpeza dos equipamentos de ordenha (%)	Qualitativa
	Sistema de produção utilizado antes da adoção do CB (%)	Qualitativa
	Tempo de utilização do sistema (meses)	Quantitativa
	Motivo da adoção do sistema (%)	Qualitativa
	No que se baseou para construção do sistema (%)	Qualitativa
	Utilizou instalações adaptadas ou novas (%)	Qualitativa
	O galpão possui lanternim (%)	Qualitativa
	No galpão possuem ventiladores (%)	Qualitativa
	Qual o posicionamento dos ventiladores (%)	Qualitativa
	Possui sistema de aspersão na pista de alimentação (%)	Qualitativa
	Material utilizado na cama (%)	Qualitativa
	Qual critério utilizado para reposição da cama (%)	Qualitativa
	Qual a frequência de reposição da cama (%)	Quantitativa
	Profundidade inicial da cama (cm)	Quantitativa
	Profundidade atual da cama (cm)	Quantitativa
	Frequência de revolvimento da cama (vezes/dia)	Quantitativa
	Equipamento utilizado para revolvimento da cama (%)	Qualitativa
	Profundidade de revolvimento da cama (cm)	Quantitativa
	Potência do trator que revolve a cama (hp)	Quantitativa
	Responsável pelo revolvimento da cama (%)	Qualitativa
	Conhece a área de cama recomendada/animal (%)	Qualitativa
Utiliza a cama o ano todo (%)	Qualitativa	

	Quais os períodos que utiliza o sistema (%)	Qualitativa
	Quais os lotes que ocupam o CB (%)	Qualitativa
	Possui bebedouros anexo ao CB (%)	Qualitativa
	Qual a quantidade de bebedouros (unidades)	Quantitativa
	Produtor mede a temperatura da cama do CB (%)	Qualitativa
	Produtor sabe a finalidade da cama esquentar (%)	Qualitativa
	Houve diminuição nos casos de mastite (%)	Qualitativa
	Houve diminuição de casos de problemas locomotores dos animais (%)	Qualitativa
	Notou diferença quanto a limpeza do corpo animais (%)	Qualitativa
	Notou diferença quanto a limpeza do úbere animais (%)	Qualitativa
	Houve diferença na detecção de cio dos animais (%)	Qualitativa
	Quantidade de cama adicionada na reposição (m ³)	Quantitativa
	Valor pago pelo material da cama (R\$/m ³)	Quantitativa
	Satisfação quanto a adoção do sistema (%)	Qualitativa
	Em novos projetos quais as mudanças poderiam propor (%)	Qualitativa
Características construtivas do sistema	Sentido de orientação do galpão (%)	Qualitativa
	Comprimento e largura do galpão (m)	Quantitativa
	Área total da cama (m)	Quantitativa
	Utiliza toda área do galpão (%)	Qualitativa
	Área de cama disponível/animal (m ² /animal)	Quantitativa
	Altura de pé direito e cumeeira (m)	Quantitativa
	Tipo de telha utilizada do galpão (%)	Qualitativa
	Possui pilares na área de cama (%)	Qualitativa
	Possui pista de alimentação anexa a cama (%)	Qualitativa
	Localização da pista de alimentação (%)	Qualitativa
	Largura da pista de alimentação (m)	Quantitativa
	Disponibilidade de comedouros e bebedouros (m/cab)	Quantitativa
	Frequência de limpeza da pista de alimentação (%)	Quantitativa
	Possui esterqueira e tipo (%)	Qualitativa
Características ambientais do sistema	Temperatura interna e externa do galpão (°C)	Quantitativa
	Temperatura de globo negro interna e externa do galpão (°C)	Quantitativa
	Umidade relativa interna e externa do galpão (%)	Quantitativa
	Velocidade do vento com equipamentos ligados (m/s)	Quantitativa
	Velocidade do vento com equipamentos desligados (m/s)	Quantitativa
Características físicas e químicas da cama	Temperatura superior antes e após o revolvimento da cama (°C)	Quantitativa
	Temperatura em profundidade antes e após o revolvimento da cama (°C)	Quantitativa
	THI e ITGU	Quantitativa
	Matéria seca, matéria orgânica e relação C:N da cama (%)	Quantitativa
	pH da cama	Quantitativa
	Profundidade média da cama (cm)	Quantitativa
	Capacidade de retenção de água da cama (%)	Quantitativa
	Densidade da cama (kg/m ³)	Quantitativa

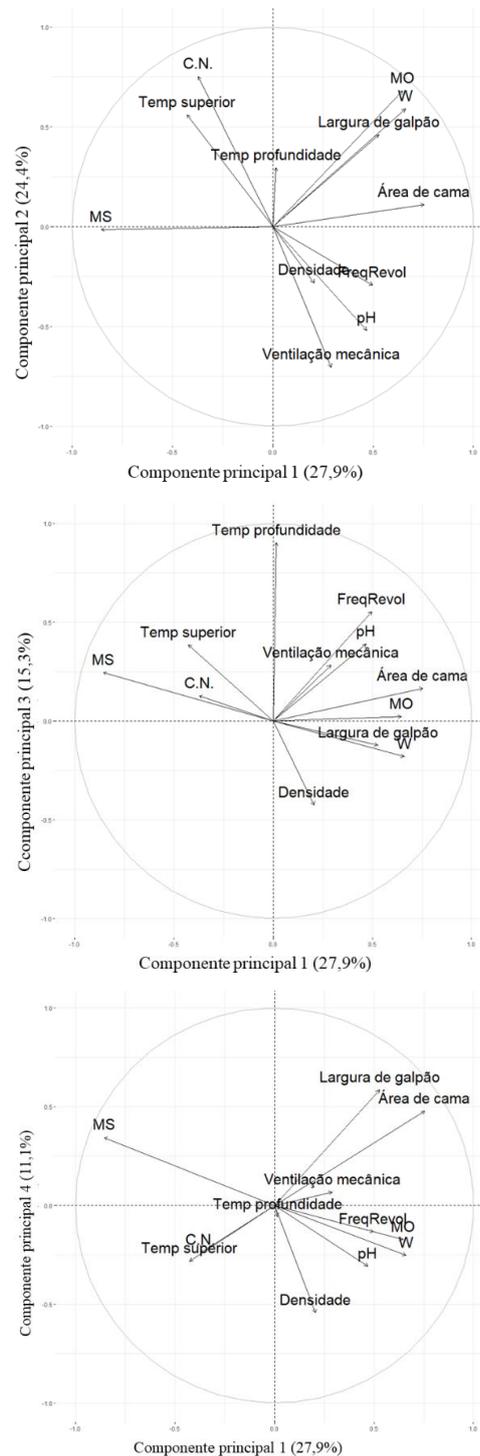
Tabela 2. Valores médios, desvios padrão, mínimos e máximos de variáveis analisadas em *compost barns* na região subtropical brasileira (n=30), por agrupamento formado de acordo com a classificação obtida por análise multivariada.

Variáveis	Grupo	Média + DP	Mínimo	Máximo	
MO (%)	1	59,50 b ±10,47	36,91	77,25	
	2	82,90 a ±6,37	73,8	90,47	
	3	70,73 a ±14,01	52,92	90,21	
W (%)	1	73,41 b ±4,74	59,94	79,26	
	2	79,95 a ±3,47	74,62	83,28	
	3	75,50 a ±3,36	71,32	79,68	
Largura do galpão (m)	1	17,06 b ±5,45	10	30	
	2	29,33 a ±6,35	23	40	
	3	20,53 b ±6,13	14,5	30,19	
Área de cama do galpão (m ²)	1	686,31 b ±302,33	285	1300	
	2	1711,83 a ±578,06	1116	2800	
	3	668,45 b ±313,05	377	1175	
Densidade da cama (kg/m ³)	1	685,70 a ±134,23	445,26	945,88	
	2	662,05 ab ±152,79	466,79	870,23	
	3	533,52 b ±58,87	447,11	603,32	
pH da cama	1	8,80 a ±0,27	8,02	9,22	
	2	8,93 a ±0,21	8,73	9,22	
	3	8,08 b ±0,83	6,81	9,26	
Temperatura em profundidade antes do revolvimento da cama (°C)	1	41,29 ±5,94	30,67	49,83	
	2	42,14 ±6,59	35,17	50,5	
	3	46,61 ±8,07	38,17	58,83	
Temperatura superior antes do revolvimento da cama (°C)	1	24,80 b ±1,42	20,75	26,83	
	2	24,49 b ±0,78	23,08	25,33	
	3	27,08 a ±2,00	23,58	28,83	
Relação C:N da cama	1	2,88 c ±2,76	-1,79	8,1	
	2	7,06 b ±2,29	3,06	10,04	
	3	13,78 a ±4,13	7,89	18,7	
MS da cama (%)	1	48,77 b ±7,19	36,99	66,71	
	2	36,90 c ±8,29	25,91	45,9	
	3	58,51 a ±8,25	49,76	67,21	
Frequência de revolvimento da cama		Uma vez ao dia	Dois vezes ao dia	Três vezes ao dia	Uma vez a cada dois dias
	1	38,89%	55,56%	5,56%	0,00%
	2	16,67%	83,33%	0,00%	0,00%
	3	66,67%	16,67%	0,00%	16,67%
Presença de ventilação mecânica na instalação		Sim		Não	
	1	77,78% a		22,22%	
	2	66,67% a		33,33%	
	3	0,00% b		100,00%	

Tabela 3. Relação de características de qualidade de cama de *compost barns* (avaliadas como variáveis resposta), e as respectivas variáveis significativas para sua variação, de acordo com a análise de variância, a partir de levantamento realizado em 30 propriedades localizadas na região subtropical brasileira.

MS	MO	Variáveis resposta			
		pH	W	Relação C:N	TempProf
W	MS	MS	MS	MS	
MO	Relação C:N	Relação C:N	MO	MO	
UR do ar interna do galpão	Presença de ventilação mecânica		Presença de ventilação mecânica	Presença de ventilação mecânica	Densidade da cama
Área de cama disponível (m ² /animal)	Área de cama total de galpão		Altura do pé direito	Temperatura superior da cama antes do revolvimento	Temperatura superior da cama antes do revolvimento
Utilização da cama (integral/parcial)			Frequência de revolvimento	Frequência de revolvimento	Frequência de revolvimento
			Profundidade do revolvimento	Profundidade do revolvimento	
			Material cama		
			Profundidade da cama		

TempProf = Temperatura em profundidade antes do revolvimento da cama.
 Todas as variáveis foram significativas ($P < 0,05$).



FreqRevol = frequência de revolvimento da cama, MS= matéria seca da cama, Área de cama= área de cama total do galpão, Temp profundidade= temperatura em profundidade da cama anterior ao revolvimento, Temp superior= temperatura superior da cama anterior ao revolvimento, Ventilação mecânica= presença de ventilação mecânica nas instalações de CB.

Figura 1. Eixos do componente principal 1 e os componentes principais 2, 3 e 4, perpendiculares, com as variâncias de cada variável em cada um dos componentes.

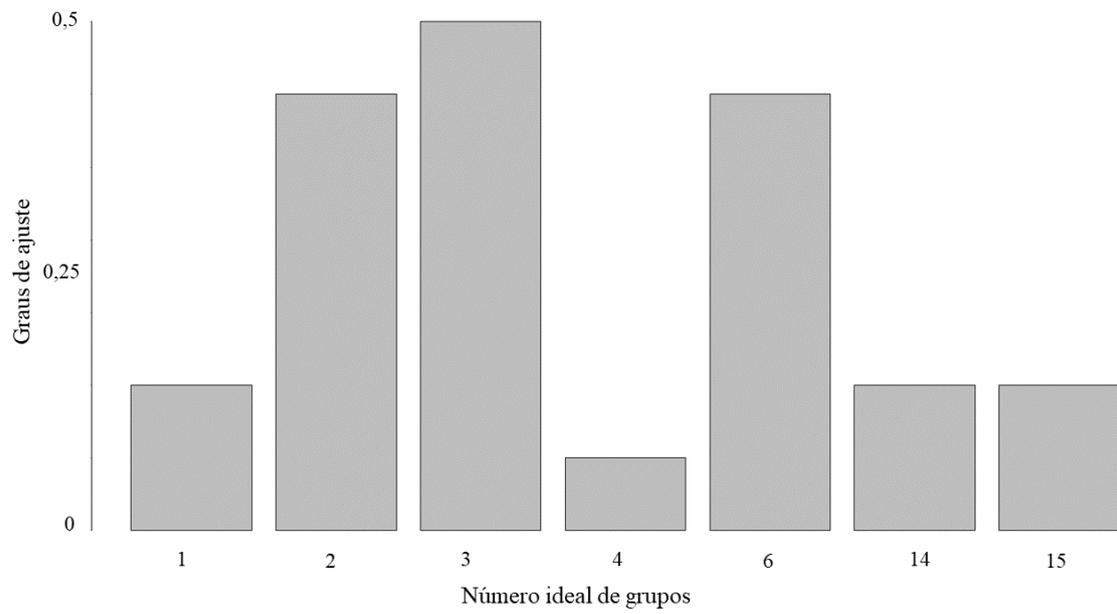


Figura 2. Determinação do número ótimo de grupos obtidos pelo método de *Silhouette*, pelo maior grau de ajuste.

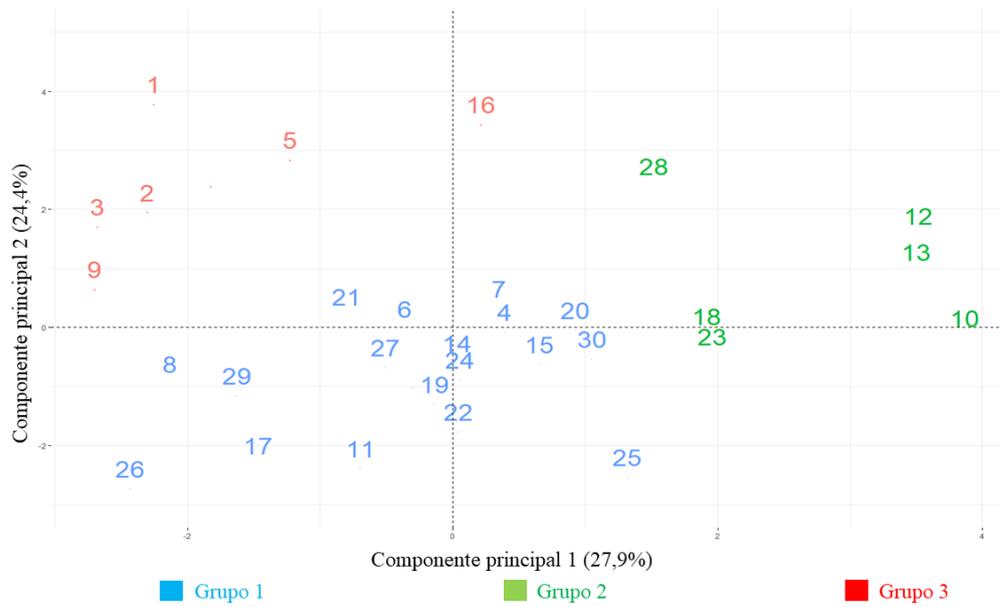


Figura 3. Projeção das unidades produtoras de leite, que utilizam sistema *compost barn*, nos dois primeiros componentes principais, considerando os diferentes grupos, identificados por diferentes colorações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização do presente estudo foi possível perceber a importância e as dimensões que o sistema *Compost Barn* (CB) vem ganhando nas regiões brasileiras, em específico no oeste catarinense, o qual representou a região subtropical brasileira. Sistema que vem difundindo-se com o propósito de proporcionar melhor conforto, bem-estar e produtividade animal, fatores demonstrados pela revisão da literatura, e que de forma geral vem cumprindo seu propósito. No entanto, devido ao sistema CB ter se originado nos Estados Unidos, a maioria dos estudos foram realizados naquela região, havendo padrões bem definidos e descritos na literatura, frente aos aspectos climáticos, sociais e culturais da região.

O desenvolvimento do sistema CB na região subtropical brasileira aconteceu de forma diferenciada. Por meio da caracterização dos sistemas, apresentada no manuscrito um, foi possível observar a diversidade de aspectos estruturais, resultantes da ausência de assistência técnica no momento da implantação do CB. Entre os fatores básicos considerados importantes para o bom funcionamento do sistema, que estão ausentes em algumas propriedades avaliadas, destaca-se a ausência de ranhuras no piso da instalação, ausência de lanternim, abas laterais estreitas, alocação de bebedouros em locais impróprios, e falta de sistemas de resfriamento evaporativo para melhorar o conforto dos animais.

Em um segundo momento, com a análise multivariada dos dados, apresentada no manuscrito dois, foi identificada a heterogeneidade existente entre grupos de propriedades que possuem CB. Diferenciação ocasionada pelo manejo do sistema, aspectos construtivos e variáveis da cama. Um dos grupos ficou caracterizado por apresentar instalações com tamanho diferente, sendo parte das instalações adaptadas e parte construídas exclusivamente para essa finalidade. O segundo grupo caracterizou-se por compreender as propriedades com os maiores CB, e utilizavam o sistema de forma integral. E no terceiro grupo, destacou-se por apresentar a utilização do CB somente em alguns períodos do dia (horários mais quente e dias com alta pluviosidade), sendo este o grupo que apresentou a cama com as melhores características físicas e químicas.

Os resultados permitem afirmar também que a frequência de revolvimento, disponibilidade de área de cama por animal, presença de ventilação mecânica nas instalações, tipo de material utilizado para composição da cama e condições climáticas da região são fatores que influenciam as principais variáveis da cama, e podem ser um ponto chave para o sucesso do sistema CB em regiões subtropicais brasileiras, assim como foram pontos chave também indicados por Bewley e Taraba, por promoverem uma compostagem efetiva nos estábulos.

Como pontos positivo destaca-se a satisfação dos produtores quanto a adoção do sistema CB, em sua maioria os produtores relataram obter respostas positivas frente a aspectos produtivos, sanitários, reprodutivos e de conforto dos animais inseridos no sistema, bem como melhoria e facilidade nas práticas de manejo atual, quando comparados com o sistema de produção utilizado anteriormente (majoritariamente produção à pasto). Fatores estes que podem contribuir em muito para a manutenção da atividade leiteira em propriedades com mão de obra familiar. No entanto, devido ao sistema possibilitar adaptações que inicialmente diminuem os custos construtivos, ocorre a negligência quanto a orientações técnicas, descritas anteriormente, o que dificulta a realização de manejos diários, e interferem no funcionamento do CB. Mesmo em situações em que as propriedades pretendem utilizar o CB de forma parcial, é necessário levar em consideração as recomendações técnicas, assim como os cuidados com conforto e bem-estar dos animais, pois em determinadas épocas o sistema pode ser utilizado de forma mais intensiva, ou mesmo caso o produtor opte por confinar os animais de forma definitiva, o presente sistema esteja preparado para essas situações.

Dessa forma pode-se dizer que os objetivos propostos foram alcançados, e resultaram no conhecimento das características usuais do sistema CB nas regiões subtropicais brasileiras, assim como reportaram alguns dos principais pontos negativos dos sistemas que devem ser observados, além de identificar fatores que interferem na qualidade da cama. Conheceu-se também a satisfação dos produtores que optaram por esse sistema, que tudo indica, ainda terá muitos adeptos na região subtropical brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIAS, R. A., MADER, T. L. Determinación Del riesgo potencial de estrés térmico del ganado bovino en cuatro localidades del centro y sur de Chile. **Archivos de Medicina Veterinaria**, v.42, n.1, p. 33-39, 2010.

ASTIZ, S., SEBASTIAN, F., FARGAS, O., FERNÁNDEZ, M., CALVET, E. Enhanced udder health and milky ield of dairy cattle on compost bedding systems during the dry period:acomparativestudy. **Livestock Science**, v.159, p.161–164, 2014.

AZEVEDO, D.M.M. R; ALVES, A. A. Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos. 1.ed Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 83 p.

AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M.; LANA, A. M. Q.; SAMPAIO, I. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. E. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4, 7/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.

BACCARI JUNIOR, F. Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes. Londrina: Ed. UEL, 141 p, 2001.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2 ed.Viçosa: Ed. UFV, 269p, 2010.

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

BARBERG, A.E., M.I. ENDRES, J.A. SALFER, and J. K. RENEAU. Performance, health and well-being of dairy cows in and housing system in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.1575-1583. 2007.

BEWLEY, J. M., J. L. TARABA, G. B. DAY, and R. A. BLACK. **Compost bedded pack barn design features and management considerations**. Cooperative Extension Publ. ID-206, Cooperative Extension Service, University of Kentucky College of Agriculture, Lexington KY, 2012.

BICKERT, W.G. 2000. Freestall design. Pages 205–213 in Proc. Dairy Housing and Equipment Systems: Managing and Planning for Profitability. Nat. Res. Agric. Eng. Serv., Ithaca, NY.

BLACK, R. A., J. L. TARABA, G. B. DAY, F. A. DAMASCENO, and J. M. BEWLEY. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of Dairy Science**, v.96, p.8060–8074, 2013.

BLACK, R.A., TARABA, J.L., DAY, G.B., DAMASCENO, F.A., NEWMAN, M.C., AKERS, K.A., WOOD, C.L., MCQUERRY, K.J., BEWLEY, J.M., The relationship between compost bedded pack performance, management, and bacterial counts. **Journal of Dairy Science**, v.97, p.2669–2679, 2014.

BROOM, D.M. A history of animal welfare science. **Acta Biotheor**, v.59, p.121–137, 2011.

BOHMANOVA, J., I. MISZTAL, and J. B. COLE. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.1947–1956, 2007.

BOONE, R. E. **Comparison of freestall bedding materials and their effect on cow behavior and cow health**. Florida: University of Florida. 100p. Thesis Master, 2009.

BROWN-BRANDL T.M.; EIGENBERG, R.A; NIENABER, J.A.; HAHN, G.L. Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Nonshaded Feedlot Cattle, Part 1: Analyses of Indicators. **Biosystems Engineering**, v.90, p.451–462, 2005.

BUFFINGTON, D. E; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. BLACK globe humidity index as a comfort equation for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.24, n.3, p.711 - 714, 1981.

BURGSTALLER, J.; RAITH, J.; KUCHLING, S.; MANDL, V; HUND, A.; KOFLER, J. Claw health and prevalence of lameness in cows from compost bedded and cubicle freestall dairy barns in Austria. **The Veterinary Journal**, v.216, p.81–86, 2016.

CAMERINI, N. L.; NASCIMENTO, J. W. B. do. Análise da influência do revestimento de resíduo de EVA no conforto térmico de instalações agropecuárias. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.7, p.48-51, 2012.

COLLIER, R. J; RENQUIST, B. J.; XIAO, Y. A 100-Year Review: Stress physiology including heat stress. **Journal of Dairy Science**, v.100, p.10367–10380, 2017.

COOK, N. B. Prevalence of lameness among dairy cattle in Wisconsin as a function of housing type and stall surface. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.223, p.1324–1328, 2003.

COOK, N. B. Free-stall Design for Maximum Cow Comfort. **WCDS Advances in Dairy Technology**, v. 21, p. 255-268, 2009.

COOK, N. B., T. B. BENNETT, and K. V. NORDLUND. Effect of *free stall* surface on daily activity patterns in dairy cows with relevance to lameness prevalence. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.2912–2922, 2004.

COWLEY, F. C., D. G. BARBER, A. V. HOULIHAN, and D. P. POPPI. Immediate and residual effects of heat stress and restricted intake on milk protein and casein composition and energy metabolism. **Journal of Dairy Science**, v.98, p.2356–2368, 2015.

DAMASCENO, F.A. **Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model**. Tese (Agricultural Engineering's) Engineering's Graduate Program, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

DIKMEN, S. e HANSEN, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 109–116, 2009.

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

ECKELKAMP, E.A.; TARABA, J.L.; AKERS, K.A.; HARMON R.J.; BEWLEY, J.M. Sand bedded freestall and compost bedded pack effects on cow hygiene, locomotion, and mastitis indicators. **Livestock Science**, v.190, p. 48-57, 2016.

ENDRES, M.I.; 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.

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

FAWC (Farm Animal Welfare Council). 1992. FAWC updates the five freedoms. *Vet. Rec.* 131:357.

FÁVERO, S.; PORTILHO, F.V.R.; OLIVEIRA, A.C.R.; LANGONI, H.; PANTOJA, J.C.F. Factors associated with mastitis epidemiologic indexes, animal hygiene, and bulk milk bacterial concentrations in dairy herds housed on compost bedding. **Livestock Science**. v.181, p.220–230, 2015.

FISHER, A. D.; VERKERK, G. M.; VON KEYSERLINGK, M. A.; WEARY, D. M. The effects of feed restriction and and lying deprivation on pituitary-adrenal axis regulation in lactating cows. **Livertock Production Science**, v. 73, n. 2, p. 255-263, 2002.

FREGONESI, J. A., and J. D. LEAVER. Behavior, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in strawyard or cubicle systems **Livertock Production Science**, v.68, p.205–216, 2001.

FULWIDER, W. K.; GRANDIN, T.; GARRICK, D.J.; ENGLE, T. E.; LAMM, W. D.; DALSTED, N. L.; ROLLIN, B. E. Influence of Free-Stall Base on Tarsal Joint Lesions and Hygiene in Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 7, p. 3559-3566, 2007.

GRAVES, R.E.; BRUGGER M. **Natural ventilation for freestall dairy barns**. G 75. Pennsylvania: Penn State Cooperative Extension, Pennsylvania State University, 1995.

HAHN, G. L. PARKHURST, A. M. GAUGHAN, J. B. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. **Transactions of American Society of Agricultural Engineering**, Michigan, v.40, p.97-121, 1997.

HAHN, G.L., Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. **Journal of Animal Science**, v.77, p.10–20, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, v. 44, p.1-51, 2016.

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

KADZERE, C. T. MURPHY, M. R.; SILANIKOVE, N. MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v.77, n.1, p.59-91, 2002.

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

LAMBERTZ, C., C. SANKER, and M. GAULY. Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems. **Journal of Dairy Science**, v.97, p.319–329, 2014.

LESO, L.; UBERTI, M.; MORSHED, W.; BARBARI, M. A survey of Italian compost dairy barns. **Journal of Agricultural Engineering**. v. XLIV, ed.17, 2013.

LOBECK, K. M., M. I. ENDRES, E. M. SHANE, S. M. GODDEN, and J. FETROW. Animal welfare in cross-ventilated, compost-bedded pack, and naturally ventilated dairy barns in the upper Midwest. **Journal of Dairy Science**. v.94, p.5469–5479, 2011.

MARTELLO, L.S.; SAVASTANO Jr.; H.; SILVA, S.L.; TITTO, E.A.L. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.3- 11, 2004.

MARTELLO, L.S. **Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em free-stall**. 113p. Tese 24 (Doutorado em Qualidade e Produtividade Animal) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

MWPS-7. **Dairy Freestall Housing and Equipment**, 7th ed. Ames, Iowa: MidWest Plan Service. 2000.

NRAES-54. **On-Farm Composting Handbook**, ed. R. Rynk. Ithaca, N.Y.: Northeast Regional Agricultural Eng. Service. 1992.

OFNER-SCHRÖCK, E.; ZÄHNER, M.; HUBER, G.; GULDIMANN, K.; GUGGENBERGER, T.; GASTEINER, J. *Compost barns for dairy cows aspects of animal welfare*. **Journal of Animal Science**, v.5, p.124-131, 2015.

OMINSKI, K.H., KENNEDY, A.D., WITTENBERG, K.M., MOSHTAGHI NIA, S.A., Physiological and production responses to feeding schedule in lactating dairy cows exposed to short-term, moderate heat stress. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.730–737, 2002.

OUWELTJES, W; SMOLDERS, G. **On farm development of bedded pack dairy barns in The Netherlands**. ISSN 1570 – 8616, Report 708, 2014.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MC MAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology Earth System Sciences**, v.11, p.1633–1644, 2007.

PILATTI, J. A. **O comportamento diurno e bem-estar de vacas em sistema de confinamento *compost barn***. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Dois Vizinhos, 2017.

PEREIRA, D. F.; NAAS, I. A.; ROMANINI, C. E. B. Welfare pointers in function of behavior reactions of broiler breeders. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p. 308-314, 2005.

PEREIRA, J. R. A; NEUFELDT, C.; RIBEIRO, I. C.; IANK, L. 2014. **Comparativo para implantação de um confinamento em sistema free stall versus *compost barn***. Disponível em: < <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao/comparativo-para-implantacao-de-um-confinamento-em-sistema-free-stall-versus-compost-barn-05678n.aspx>>. Acesso em 20 de Jan. 2018.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56 p.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v.1, n.2, p.117-126, 2007.

PIRES, M. de F. A. **Comportamento, parâmetros fisiológicos e reprodutivos de fêmeas da raça holandesa confinadas em free-stall, durante o verão e inverno**. 1997.151 f. Tese (doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

POLSKY, L. e VON KEYSERLINGK M. A. G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of Dairy Science**, v.100, p.8645–8657, 2017.

RADAVELLI, W. M.; BOITO, J. P.; GUGEL, J.; ABATTI, G.; ROSCAMP, E.; SCHOGOR, A. L. B. **Características da Cama de *Compost Barns* em Regiões Subtropicais**. Anais Simpósio do Leite, v.4, 2017.

RAVAGNOLO, O., I. MISZTAL, AND G. HOOGENBOOM. 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.2120–2125

RENAUDEAU, D., A. COLLIN, S. YAHAV, V. DE BASILIO, J. L. GOURDINE, and R. J. COLLIER. **Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production animal**, v.6, p.707–728, 2012.

ROBINSON, E. Termorregulação. In: CUNNINGHAM. J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. Cap.52, p.550-561.

ROMAN-PONCE, H., THATCHER, W.W., BUFFINGTON, D.E., WILCOX, C.J. and VAN HORN, H.H., Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a subtropical environment. **Journal of Dairy Science**, v.60, p.424-430, 1977.

RUBEL, F., K. BRUGGER, K. HASLINGER, and AUER, I. 2017: The climate of the European Alps: Shift of very high resolution Köppen-Geiger climate zones 1800-2100. **Meteorol. Z.**, 26, 115-125.

SERRANO, P. R. **Bienestar animal**: Concepto y valoración. In. Recuarda, P.; MOYANO, R; CASTRO, F. (Ed.). **Bienestar animal: experimentación, producción, companhia y zoológicos**. Córdoba: Universitária Córdoba, P. 3-8, 2003.

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

SOLANO et al. Prevalence of lameness and associated risk factors in Canadian Holstein-Friesian cows housed in freestall barns. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 6978–6991, 2015.

SOMERS, J. G. C. J., K. FRANKENA, E. N. NOORDHUIZEN-STASSEN, and J. H. M. METZ. Prevalence of claw disorders in Dutch dairy cows exposed to several floor systems. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.2082–2093, 2003.

SPRECHER, D. J., D. E. HOSTETLER, and J. B. KANEENE. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. **Theriogenology**, v.471179–1187, 1997.

TAPKI, I; SAHIN, A. Comparison of the thermoregulatory behaviours of low and high producing dairy cows in a hot environment. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 99, p. 1-11, 2006.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise, Washigton**, v.12, n.2, p. 57-61, 1959.

TUCKER, C. B., D. M. WEARY, and D. FRASER. Effects of three types of freestall surfaces on preferences and stall usage by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.521–529, 2003.

VAN GASTELEN S, WESTERLAAN B, HOUWERS DJ, VAN EERDENBURG FJCM A study on cow comfort and risk for lameness and mastitis in relation to different types of bedding materials. **Journal of Dairy Science**, v.94, p.4878–4888, 2011.

VERMUNT, J. J. The multifactorial nature of cattle lameness: A few more pieces of the jigsaw. **The Veterinary Journal**, v.196, p.317–318, 2005.

VIEIRA, F.; SILVA, I. J. O. 2013. **Ambiência não é Bem-Estar Animal**. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao/ambiencia-nao-e-bemestar-animal-83143n.aspx> >. Acesso em 20 Jan 2018.

VON KEYSERLINGK, M.A.G., A. BARRIENTOS, K. ITO, E. GALO, E., and D.M. WEARY. Benchmarking cow comfort on North American freestall dairies: Lameness, leg injuries, lying time, facility design, and management for high-producing Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p.1-10, 2012.

WEARY, D. M., and I. TASZKUN. Hock lesions and free-stall design. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.697–702, 2000.

WHAY, H. R., D. C. J. MAIN, L. E. GREEN, and A. J. F. WEBSTER. Assessment of the welfare of dairy cattle using animal-based measurements: Direct observations and investigation of farm records. **Veterinary Record**, v.153, p.197–202, 2003.

ZIMBELMAN, R. B., R. P. RHOADS, M. L. RHOADS, G. C. DUFF, L. H. BAUMGARD, and R. J. COLLIER. **A reevaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows**. Pages 158–169. In... Proceedings of Southwest Nutrition and Management Conference. University of Arizona, Tucson, 2009.



LAGES
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGROVETERINÁRIAS

**Comissão de Ética no
Uso de Animais**

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Caracterização do sistema compost barn na bovinocultura leiteira em regiões subtropicais", protocolada sob o CEUA nº 7896060317 (ID 000318), sob a responsabilidade de **Ana Luiza Bachmann Schogor** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade do Estado de Santa Catarina (CEUA/UDESC) na reunião de 26/05/2017.

We certify that the proposal "Characterization of compost barns to dairy cattle in subtropical regions", utilizing 500 Bovines (500 females), protocol number CEUA 7896060317 (ID 000318), under the responsibility of **Ana Luiza Bachmann Schogor** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the University of Santa Catarina State (CEUA/UDESC) in the meeting of 05/26/2017.

Finalidade da Proposta: [Pesquisa \(Acadêmica\)](#)

Vigência da Proposta: de 03/2017 a 03/2018 Área: [Zootecnia](#)

Origem: [Animais de proprietários](#)

Espécie: [Bovinos](#) sexo: [Fêmeas](#) idade: [1 a 10 anos](#) N: [500](#)

Linhagem: [Holandesa](#) Peso: [350 a 700 kg](#)

Local do experimento: A pesquisa será realizada nos municípios de Chapecó, Cordilheira Alta, Pinhalzinho, Quilombo, Jardinópolis, Coronel Freitas, Xanxerê, Ipuacu, São Domingos, Árvoredo e, Xavantina. O clima destes municípios é classificado (Koeppen) como Cfa Subtropical (mesotérmico úmido, com verões quentes), em que a temperatura média anual é de 18 a 19°C, precipitação média anual de 1.700 a 1.900 mm e umidade relativa do ar média entre 76 a 78% (SDR Chapecó, 2003). Para realizar um levantamento mais completo do número de propriedades rurais que utilizam o sistema de confinamento tipo CB, serão contatadas as secretarias municipais de agricultura, órgãos de fomento de conhecimento técnico, EPAGRI, empresas privadas que trabalham no ramo da bovinocultura de leite, e também profissionais ligados a cadeia produtiva (técnicos, zootecnistas, veterinários). Após levantamento detalhado e identificação das fazendas requeridas, visitas direcionadas serão realizadas para convidar o responsável (proprietário) a participar do projeto de pesquisa. Uma vez que seja confirmada a participação por parte do(s) responsável(is) pela propriedade, um questionário será realizado para obtenção parcial das informações. O presente projeto deverá ser apresentado e seguir aos requisitos solicitados pelo Comitê de Ética em Pesquisas Envolvendo Seres Humanos, da Universidade do Estado de Santa Catarina, devidamente credenciado pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), em conformidade à Resolução 466/2012/CNS/MS. O levantamento da existência, do número e as visitas até as propriedades serão realizadas entre os meses de dezembro de 2016 até agosto de 2017. O questionário que será aplicado irá contemplar temas como a descrição da propriedade e do produtor rural, as práticas de manejo adotadas, as características da instalação e do rebanho, entre outros fatores de produção.

Lages, 09 de fevereiro de 2018

Marcia Regina Pfuetzenreiter
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Ubirajara Maciel da Costa
Vice-Coodenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade do Estado de Santa Catarina