

EMÍLIA MARA RABELO CALDATO

**MANUAL TÉCNICO DE CONSTRUÇÃO E MANEJO DE COMPOST BARN PARA
VACAS LEITEIRAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Marcos Inácio Marcondes

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2019

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

T

C145m
2019
Caldato, Emília Mara Rabelo, 1989-
Manual técnico de construção e manejo de Compost Barn
para vacas leiteiras / Emília Mara Rabelo Caldato. – Viçosa,
MG, 2019.

41 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Marcos Inácio Marcondes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 35-41.

1. Bovinos de leite. 2. Confinamento. 3. Compostagem.
4. Bovinos de leite - Instalações - Limpeza. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia. II. Título.

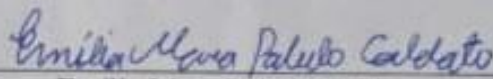
CDD 22. ed. 636.2142

EMÍLIA MARA RABELO CALDATO

**MANUAL TÉCNICO DE CONSTRUÇÃO E MANEJO DE COMPOST BARN PARA
VACAS LEITEIRAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 30 de agosto de 2019.



Emilia Mara Rabelo Caldato
Autora



Marcos Inacio Marcondes
Orientador

Dedico este trabalho a todos que foram essenciais para que este dia pudesse chegar...

Aos meus amados pais Gilberto Geraldo Rabelo e Maria de Lourdes Rabelo, pela criação digna que me proporcionaram, cercada de amor, fé, e valores! Vocês me mostraram que não é de onde se vem que dita quem você é, mas sim onde você quer chegar, e para quem tem força de vontade o céu é o limite! Meu pai por sempre ter um conselho positivo, de que tudo ia dar certo, e claro, por me passar desde pequena essa paixão por vacas de leite, hoje me orgulho em te orgulhar com isso! Minha mãe sempre com seu colo e ouvido dispostos a aconselhar e acalmar um coração angustiado, ah... e foram tantos momentos difíceis! Muito obrigada por existirem e por serem os melhores pais que eu poderia ter, amo vocês!

Aos meus amados irmãos, Érika e Emerson, por existirem e por me apoiarem muitas vezes nesta longa caminhada!

Ao meu amado esposo, André Caldato, companheiro de trabalho, companheiro de aula, companheiro de viagens, enfim, acho que não tem palavra que nos descreve melhor do que companheirismo! Agradeço por ter ao meu lado um homem tão honesto, de coração tão bom como você, uma pessoa admirável que sempre pensa no melhor para o outro, muitas vezes esquecendo-se de si mesmo! Você é meu suporte quando esmoreço! Obrigada por existir em minha vida, amo você!

A meus queridos sogros, Marinez e Algacir que sempre estão nos apoiando a cada passo, sempre com uma palavra amiga e um consolo nas dificuldades, obrigada por tudo que fazem por nós!

Aos meus cunhados, Paulo e Andressa e nosso pequeno Vicente, que sempre me apoiam e ajudam no que for necessário para que meus objetivos pudessem ser alcançados!

Aos meus queridos avós, Galva Rabelo Costa (in memoriam), Clementina Rabelo Costa, Pedro Celeste de Souza e Lazarina Maria da Conceição (in memoriam), sempre com palavras amáveis e incentivadoras, não me deixando esquecer que eu sempre tinha em vocês um apoio incondicional!

As vacas, ah as vacas, o motivo de tudo isso! Embora sejam animais de produção, existe um respeito e amor a essas mimosas, pois para trabalhar com vacas leiteiras é necessário muito amor pela atividade!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores que participaram de minha formação desde o ensino primário até mestrado! Em especial, professores de minha graduação da PUC Minas, professores de minha especialização FAZU/ REHAGRO e professores do departamento de zootecnia da UFV. Em especial cito os nomes de meus queridos orientadores, Marcos Inácio Marcondes e Polyana Pizzi Rotta. Além de excelentes profissionais, com conhecimento inegável e incalculável, são excelentes seres humanos. Tenham a certeza de que vocês fazem a diferença na vida daqueles que passam pelos seus caminhos! Embora a tarefa de educador tenha se tornado cada dia mais desafiador, nunca desistam e percam este amor por ensinar, isso faz de vocês únicos! Espero ter vocês mais do que ex-professores, mas sim amigos por toda a vida!

A todos os colegas de trabalho que já tive, na equipe Rehagro que me ensinaram muito dos valores profissionais que possuo hoje, na Cooperativa Piá que me proporcionou experiências para ser um profissional ainda melhor! Tenho orgulho em dizer que sai pela porta da frente destas duas grandes empresas e sei que tenho amigos com quem posso contar em cada uma!

Aos colegas de trabalho da minha querida equipe Consultoria Laore, André, Alini, Paulo, Matheus, Algacir e Marinez. Equipe da qual me orgulho muito em fazer parte e dos resultados fantásticos que estamos atingindo, fruto de muito trabalho duro, honestidade e união! Isso nos fará cada dia mais fortes!

Aos queridos clientes da Consultoria Laore, que hoje muito mais que clientes se tornaram amigos, abriram as portas de suas casas para nos receberem, sempre de coração e mente abertas, acreditando e nosso trabalho e implantando sempre cada melhoria que propusemos! É por vocês que a cada dia mais buscamos incessantemente melhorar e aprender!

A todos os meus amigos e familiares que sempre me apoiam e incentivam a cada passo e principalmente por entenderem as minhas ausências. Citar nomes se torna difícil, mas saibam que todos tem um papel essencial em minha vida e em meu coração!

RESUMO

CALDATO, Emília Mara Rabelo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2019. **Manual técnico de construção e manejo de Compost Barn para vacas leiteiras.** Orientador: Marcos Inácio Marcondes.

A demanda por alimentos será cada vez maior com o crescimento da população mundial, aumentando também a demanda por leite. Uma alternativa para alcançar maiores produções são os confinamentos, maximizando a produção por área. Desse modo, este material abordará aspectos relacionados à construção e manejo do sistema de confinamento tipo Compost Barn, com base em um compilado da literatura existente, bem como experiência prévia dos autores. Com este material será possível definir os principais pontos na elaboração de um projeto de Compost Barn, bem como seu manejo adequado, para que o sistema tenha sucesso. O Compost Bedded Pack, mais conhecido como Compost Barn, surgiu nos EUA em 1980. Sua origem vem do já conhecido Loose Housing, que veio como alternativa ao Free Stall para reduzir lesões de jarrete e problemas de casco. No entanto, a utilização do Loose Housing não foi bem aceita, devido às dificuldades de manejo da cama, que precisa ser retirada e repostada com grande frequência. Já no Compost Barn, a cama é composta por materiais orgânicos, como serragem, onde urina e fezes são incorporadas diariamente gerando um processo de compostagem que mantém a cama seca e os animais limpos. Uma das vantagens observadas no sistema é o bem-estar dos animais alojados, pois, por se tratar de uma cama coletiva e composta por material macio, os animais tendem a expressar movimentos e posições comuns de seu habitat natural. Neste sistema o conforto térmico precisa ser muito bem observado, pois a ventilação é imprescindível para atenuar o estresse térmico comum em vacas leiteiras, bem como auxiliar na secagem da cama. Além disso, maior atenção deve ser dada quanto ao dimensionamento do espaçamento de cama por animal (mínimo 15 m² por animal), bem como o espaçamento de cocho (mínimo 80 cm linear livre por animal) e bebedouros (mínimo 90 cm lineares a cada 15 vacas). Os materiais mais usados como cama são serragem ou maravalha. Outros materiais podem ser usados como palha de café, palha de arroz, palha de trigo, entre outros, no entanto o seu uso deve ser associado à serragem. A cama deve ser revolvida duas vezes ao dia, podendo ser esta frequência maior de acordo com o estado da cama e clima local. O processo de compostagem da cama precisa de fontes de carbono provenientes dos materiais de cama e fontes de nitrogênio provenientes do esterco e urina. Quando se tem excesso de matéria orgânica há uma deficiência no processo de compostagem, pois há uma redução das fontes de carbono, sendo necessário repor material de cama. A incidência de mastite nesse sistema está diretamente

ligada a qualidade da cama. Um dos indicativos de que a cama não está na qualidade adequada é observar o escore de limpeza dos animais e a incidência de mastite. Animais limpos terão menor aderência de sujeira, reduzindo a probabilidade de mastite. Finalmente, em virtude da maciez da cama, geralmente os problemas com casco também são reduzidos no Compost Barn. Apesar das vantagens apontadas acima, este ainda é um sistema relativamente novo e há necessidade de padronizar as recomendações presentes na literatura para que os resultados em termos de produção de leite, saúde e conforto animal sejam observados.

Palavras-chave: Confinamento. Compostagem. Escore de limpeza. Free Stall.

ABSTRACT

CALDATO, Emília Mara Rabelo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2019. **Manual for building and managing compost bedded pack systems for dairy cows.** Adviser: Marcos Inácio Marcondes.

Demand for food will increase as the world population grows, as will the demand for milk. Feedlots are the main alternatives to achieve greater milk production in dairy farms, maximizing yield per area. Thus, this material aims to address aspects related to the construction and management of the Compost Bedded Pack system, based on a compilation of the literature, as well as previous experience of the authors. With this material, it will be possible to define the main points in the elaboration of a Compost Barn project, as well as its proper management, so the system is successful. The Compost Bedded Pack, also known as Compost Barn, first appeared in the US in 1980. Its origin comes from the well-known Loose Housing as an alternative to Free Stall to reduce hock injuries and hoof problems. However, the Loose Housing was not well accepted due to bedding management difficulties, that needs to be removed and replaced too often. At the Compost Barn, however, the bed is made of organic materials such as sawdust, where urine and feces are incorporated daily into a composting process. One of the advantages observed in the system is the welfare of the housed animals, once it is a collective bedding composed of a soft material, and the animals tend to express behaviors and positions of their natural habitat. In this system, the heat stress needs to be very well observed, as ventilation is essential both to alleviate heat stress as well as drying the bedding material. Especial attention should also be directed to dimensioning bedding space per animal (minimum 15 m² per animal), as well as bunk space (minimum 80 cm linear free per animal) and drinking fountains (minimum 90 linear cm every 15 cows). The commonly used materials for bedding are sawdust or wood shavings. Other materials can be used as coffee hulls, rice and wheat straw, among others, however their use must be associated with sawdust. The bedding should be stirred twice a day, and this frequency may be greater depending on bedding quality and local climate. The bedding composting process needs carbon sources from litter materials and nitrogen sources from manure and urine. When there is an excess of organic matter there is a deficiency in the composting process, and it is necessary to replace the bedding material. The incidence of mastitis in this system is directly linked to the quality of the bedding. One of the indications that the bedding is not of adequate is to observe the cleanliness score of the animals and mastitis incidence. Clean animals will have less adherence to litter, reducing the likelihood of mastitis. Lastly, due to the softness of the bedding material, hoof problems are also reduced in the Compost Barn. Nevertheless, despite the advantages previously mentioned, this is a relatively new system and there is a need of standardizing the recommendations present

in the literature so that the results in terms of milk production, health and animal comfort are observed.

Keywords: Confinement. Composting. Cleaning Score. Free Stall.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. PLANEJAMENTO.....	11
3. ELABORAÇÃO DO PROJETO.....	13
3. 1 Dimensionamento da área de cama	13
3. 2 Dimensionamento dos comedouros, pista de alimentação e bebedouros	15
3. 3 Sistemas de ventilação em galpões de <i>Compost Barn</i>	21
3. 4 Dimensionamento de estruturas para tratamento de dejetos.....	23
3. 5 Materiais usados nas construções	24
4. MANEJOS NO <i>COMPOST BARN</i>.....	25
4. 1 Processo de compostagem e manejos de cama no <i>Compost Barn</i>.....	25
4. 2 Monitorando o bem-estar e a ambiência em <i>Compost Barn</i>	29
4.3 Mastite e problemas locomotores em vacas em <i>Compost Barn</i>	31
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
REFERENCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o quinto maior produtor mundial de leite (7% do total). O principal estado produtor é Minas Gerais com 27,10% da produção, seguido pelo Rio Grande do Sul e Paraná que se alternam na segunda e terceira posição (CONABE, 2018). Nos últimos 10 anos a produção mundial cresceu 1,5%, atingindo 462,4 milhões de toneladas por ano. Nesse mesmo período o Brasil cresceu 2,4% ao ano, já sendo um dos maiores produtores mundiais (CONABE, 2018).

A produção leiteira atual vem se intensificando cada vez mais e isso se deve ao fato de que, para obter maiores retornos financeiros, tem sido necessário um investimento em escalas de produção. Com maiores volumes de produção, normalmente se consegue melhores preços por litro e diluição dos custos fixos. Ademais, com a necessidade de maiores quantidades de insumos é possível obter melhores preços na compra dos mesmos. Desta forma, é possível unir os principais elementos que geram eficiência na pecuária leiteira, redução de custos e aumento da receita, tanto em volumes totais quanto em valor por litro. Assim, é crescente o número de confinamentos para vacas leiteiras, pois é uma alternativa que tende a aumentar a produção média por animal, além de propiciar um melhor aproveitamento das áreas agricultáveis (BEWLEY ET AL. 2017).

Um dos sistemas de confinamento de vacas leiteiras que vem ganhando espaço no Brasil e no mundo é o *Compost Bedded Pack*, comumente chamado de *Compost Barn*. Este sistema teve origem nos Estados Unidos da América (EUA) surgindo como uma alternativa ao principal e mais antigo sistema de confinamento, o *Free Stall*. A literatura reporta que o *Compost Barn* tenha surgido por volta de 1980 no estado da Virginia nos EUA (BEWLEY ET AL., 2017). No entanto, o *Compost Barn*, passou a ser mais explorado somente a partir de 2001, quando o primeiro sistema foi construído no estado de Minnesota nos EUA e posteriormente foi se difundindo pelos estados de Kentucky, Ohio e Nova York (BARBERG ET AL., 2007; BEWLEY ET AL., 2017). Por se tratar de um sistema novo, os primeiros galpões de *Compost Barn* foram projetados com dimensões equivalentes às utilizadas em *Free Stall*, pois poderia ser transformado em caso de insucesso (JANNI ET AL., 2007). Esse sistema surgiu com o intuito de oferecer maior conforto aos animais e reduzir problemas de casco e lesões de jarrete, comuns no *Free Stall* (BARBERG ET AL. 2007; ENDRES E BARBERG, 2007).

No Brasil, o sistema *Compost Barn* surgiu no ano de 2012 no estado de São Paulo, na Fazenda Santa Andrea, projetado pelo médico veterinário Adriano Seddon (LEITE INTEGRAL, 2012). Inicialmente, o principal motivo para implantação deste sistema foi a redução do custo de implantação quando comparado ao *Free Stall*. Porém, atualmente, os galpões de *Compost Barn* bem projetados, que possuam um sistema de ventilação adequado, bem como dimensionamento correto, não apresentam grandes diferenças de custos de implantação em relação ao *Free Stall*. Contudo, visto que o primeiro atrativo deste sistema no Brasil era a redução nos custos de implantação, muitas adaptações nas instalações foram realizadas para essa redução que, aliadas à práticas de manejos equivocadas, levaram ao fracasso de muitos sistemas em várias regiões do país. Por isso, ressalta-se que é preciso cautela com a implantação de um sistema considerado novo, para que não se conceba um conceito errôneo.

Em regiões como o Sul do país, onde a grande maioria do rebanho é de origem Europeia, principalmente da raça Holandesa, é comum encontrarmos altas taxas de descarte, principalmente em animais manejados em pastejo durante a estação chuvosa do ano. Desse modo, o sistema *Compost Barn* foi rapidamente aceito nesta região, por permitir maior longevidade dos rebanhos, bem como melhorias na produção e profissionalização da atividade. Por outro lado, em regiões como o Sudeste do Brasil, a maior parte do rebanho à pasto é de animais cruzados de raças Zebuínas com Taurinas e os animais de origem europeia são restritos ao sistema de *Free Stall*. Assim, produtores que não eram adeptos ao *Free Stall* encontram no *Compost Barn* uma alternativa de confinamento para melhorar a produtividade. Ademais, a cama do *Compost Barn* ao final do ciclo de compostagem, é um material riquíssimo em fosforo, potássio e nitrogênio, que pode ser utilizado na adubação agrícola, auxiliando assim na redução dos custos na produção de alimentos.

Assim, esse material tem por objetivo fazer uma apresentação da literatura existente sobre construção e manejo de *Compost Barn*, no intuito de padronizar o sistema e reduzir riscos de insucesso na implantação e manejo do mesmo.

2. PLANEJAMENTO

A elaboração de um projeto de instalação do tipo *Compost Barn* requer algumas etapas. Primeiramente devem ser levantadas questões relacionadas à finalidade do sistema, categoria e potencial animal e detalhamento do manejo desejado

A seguir parte-se para o planejamento do projeto, ou seja, estudo do local onde será posicionada a estrutura, pois o mesmo deve oferecer capacidade para possíveis ampliações futuras. A localização deve ser de fácil acesso e é preciso uma área mínima de circulação ao redor da área construída de 5 metros de largura. O local também deve oferecer escoamento adequado da água das chuvas, bem como não possuir vertentes sazonais, pois estas duas situações podem provocar o umedecimento de cama no *Compost Barn*, assim como das áreas de trânsito de veículos e animais adjacentes a estrutura. Contudo, existem medidas como aterros e drenagens, que de acordo com cada situação, que poderão contornar tais problemas.

A região e o clima do local onde será instalado o sistema tem grande influência na definição de área de cama por animal, pois em regiões onde a estação chuvosa é longa, a área de cama por animal deve ser maior, pois, será mais difícil manter a cama na umidade adequada (entre 40 e 60%). No entanto, em locais com pouca precipitação, tanto em dias do ano quanto em volume, a área de cama por animal poderá ser reduzida, pois com uma umidade relativa do ar mais baixa será mais fácil de manter a cama na umidade adequada (JANNI ET. AL., 2007). No entanto, o comprimento do comedouro e o dimensionamento dos bebedouros devem seguir as recomendações mínimas por o animal, independentemente da região.

A orientação do galpão deve oferecer ventilação adequada e os ventiladores devem estar dispostos no sentido das correntes de ar, pois correntes contrárias irão reduzir a eficiência dos ventiladores e de secagem da cama. A orientação comum para galpões de *Compost Barn* e/ou *Free Stall* abertos é leste-oeste, no sentido da cumeeira do telhado, evitando-se ocorrência da radiação solar direta sobre os animais nas horas mais quentes do dia. No entanto, no caso de galpões fechados, em sistema de ventilação cruzada ou em túnel de vento, esta posição não é tão relevante, visto que as laterais serão fechadas por meio de lonas.

É importante definir no planejamento se estruturas como sala de ordenha, sala de espera, sala de leite e fossa de dejetos, serão anexos ao galpão de alojamento das vacas. Essa decisão irá interferir na elaboração de corredores para levar os animais até estas estruturas. Além disso, o dimensionamento dessas estruturas deve ser atrelado ao objetivo do projeto final, para que as instalações não tenham que ser readequadas futuramente, gerando gastos indevidos. Geralmente, a área de escritório, banheiros e farmácia não sofrem considerável influencia em futuras ampliações.

O tipo de sistema de resfriamento a ser utilizado também interfere em fatores da construção de um *Compost Barn*. Os sistemas de ventilação podem ser: ventilação natural;

ventilação por ventiladores; ventilação por ventiladores e aspersores e ventilação em sistema fechado em túnel de vento. Este é um ponto importante, pois o Brasil, por se tratar de um país tropical, tende a apresentar elevadas temperaturas na maior parte do ano, ou no ano todos dependendo de algumas regiões. Como a pecuária leiteira é uma atividade onde as margens são pequenas, é preciso ganhar em escala de produção. Porém, a maioria das raças especializadas para produção de leite é de origem Europeia, sendo então mais sensíveis à elevadas temperatura. Além disso, uma vaca mais produtiva apresenta maior taxa metabólica, gerando mais calor, dificultando o controle de temperatura corporal deste animal (SILVA ET AL. 2002; MARCHETO ET AL. 2002).

A disponibilidade de material de cama é um ponto importante no planejamento de um *Compost Barn*, pois é necessário avaliar quais materiais estão disponíveis e qual seu custo. O material mais amplamente utilizado é o resíduo de madeira, a maravalha ou a serragem moída fina. Este material apresenta um bom resultado nesse sistema, no entanto, de acordo com a disponibilidade de cada região, outros materiais poderão ser usados, como palha de arroz, palha de café, palha de trigo, feno finamente picado, casca de amendoim, bagaço de cana, entre outros. Normalmente, utilizar materiais alternativos exclusivos pode não ser possível, mas sua associação com a serragem pode gerar um bom resultado (JANNI ET AL. 2007).

3. ELABORAÇÃO DO PROJETO

Após definir parâmetros como, categoria animal, local, sistema de resfriamento e materiais de cama, deve-se iniciar a elaboração do projeto. É importante ressaltar que profissionais capacitados devem estar envolvidos nesta etapa, pois é necessário conhecimentos sobre as características e necessidades dos animais, formas de manejo do sistema e conhecimentos de engenharia, para que assim, a implantação do sistema de *Compost Barn* apresente resultados satisfatórios.

3. 1 Dimensionamento da área de cama

Um dos primeiros pontos a ser definido é o tamanho da cama onde os animais irão se deitar, sendo definida como área de cama por animal (m^2/animal). É importante lembrar que menores áreas de cama por animal irão concentrar maiores volumes de urina e fezes, gerando conseqüentemente mais umidade na cama e maior dificuldade de manejo adequado da mesma. Além disso, uma área mínima de cama por animal deve ser respeitada, permitindo que todas as

vacas se deitem ao mesmo tempo na cama. Outro fator determinante no projeto de *Compost Barn* será do clima local, pois em regiões com grandes volumes de pluviosidade o ideal é adotar maiores áreas de cama por animal, bem como regiões mais secas é possível menores áreas de cama por animal. Como o Brasil é um país de grande extensão territorial, é necessária uma avaliação prévia do microclima de cada região para auxiliar na tomada de decisão no projeto de instalação. É importante ressaltar que a disponibilidade de material de cama no local onde será o *Compost Barn* seja avaliada, pois caso a mesma seja dificultada, o número de reposições será menor, sendo então necessário usar maiores áreas de cama por animal.

Autores americanos (Janni et al., 2007) recomendam uma área de cama por animal menor, de 7,4 m² por animal, para vacas de aproximadamente 540 kg, pois o volume de urina e esterco está diretamente relacionado ao peso e produção de leite do animal. Já os sistemas Israelenses utilizam uma área de cama maior por animal, aproximadamente 15 m² por vaca. Embora estejam situados em um clima com menor pluviosidade, estes optam por menores frequências de reposição de cama (KLAAS ET AL., 2010). Em termos de Brasil, podemos dizer que o valor mínimo planejado de área de cama por animal deve ser 15 m² para vacas em lactação. Este valor é condizente com o que é observado na prática, pois é preciso levar em consideração a dificuldade de logística no Brasil que poderá gerar atrasos nas reposições. Com relação a vacas secas, como este animal consome menores quantidades de alimento, seu volume de fezes e urina é menor quando comparado a vacas em lactação. Nessa categoria podemos dimensionar a área de cama por animal com um valor mínimo de 12 m²/animal. No entanto, quando a vaca é transferida para o pré-parto, o ideal é oferecer maior espaço de cama, de modo a evitar interações negativas com os outros animais, gerando estresse. Durante o período de transição, vacas passam por diversas mudanças metabólicas e fisiológicas, que podem originar distúrbios metabólicos, sendo então importante deixar este animal o mais confortável possível. Além disso, como o animal normalmente irá parir neste local, o mesmo deve estar com cama limpa e seca. Portanto, o dimensionamento mínimo da área de cama por animal em vacas no pré-parto deve ser de 15 m² de área de cama por animal.

Quando o projeto de *Compost Barn* for abrigar novilhas, menores áreas de cama poderão ser adotadas devido ao menor volume de fezes e urina produzidos por esta categoria. Mogensen et al. (1997) estudaram o comportamento de novilhas e encontrou que para evitar perdas em ganho de peso, o espaçamento mínimo de uma instalação para essa faixa etária deve ser de acima de 3,6 m² por animal, visto que a dominância é ponto determinante no consumo de matéria seca desses animais. Desse modo, caso a instalação seja para abrigar novilhas, a área

de cama deve ser de no mínimo 8 m²/animal, pensando em animais com peso médio de 350 kg, pois além do espaço físico por animal deve ser considerado o volume de urina e esterco gerado e o espaço de cocho e bebedouro.

3. 2 Dimensionamento dos comedouros, pista de alimentação e bebedouros

O comprimento do comedouro também tem grande influência no projeto, pois seu tamanho está relacionado ao comprimento da instalação. Em vacas leiteiras, o consumo adequado de alimentos está diretamente ligado ao desempenho das mesmas. Em qualquer agrupamento de animais, existe uma estrutura social hierárquica e animais dominantes podem monopolizar o acesso ao cocho em horários de grande procura, como no retorno da ordenha e/ou quando um trato novo é ofertado (RIOJA-LANG ET AL., 2012). Desse modo, DeVries (2019) fez um apanhado da literatura existente a respeito e encontrou que para animais vulneráveis, como animais doentes e vacas recém paridas, o espaçamento mínimo de comedouro, para que não sejam prejudicados quanto ao consumo de alimentos de qualidade, deve ser de 76 cm por animal. Desse modo, para a elaboração de um projeto de *Compost Barn*, o comprimento da pista de alimentação deve considerar no mínimo 80 cm lineares por animal alojado para vaca adultas (lactantes ou secas). Além disso, é recomendado que toda área de pista de alimentação seja concretada (Figura 1). Para vacas em pré- ou pós-parto o ideal é usar um espaçamento de comedouro maior, para reduzir interações negativas nesses grupos, sendo então necessário dimensionar um espaçamento de comedouro de 1 m por animal. Para novilhas em crescimento, o espaçamento de comedouro será menor. Greter et al. (2011) sugeriram um espaçamento de cocho de 34 cm/animal para animais com 350 kg de peso corporal. Nossa experiência mostra que, para condições brasileira, é recomendado um espaçamento mínimo de 40 cm/animal.

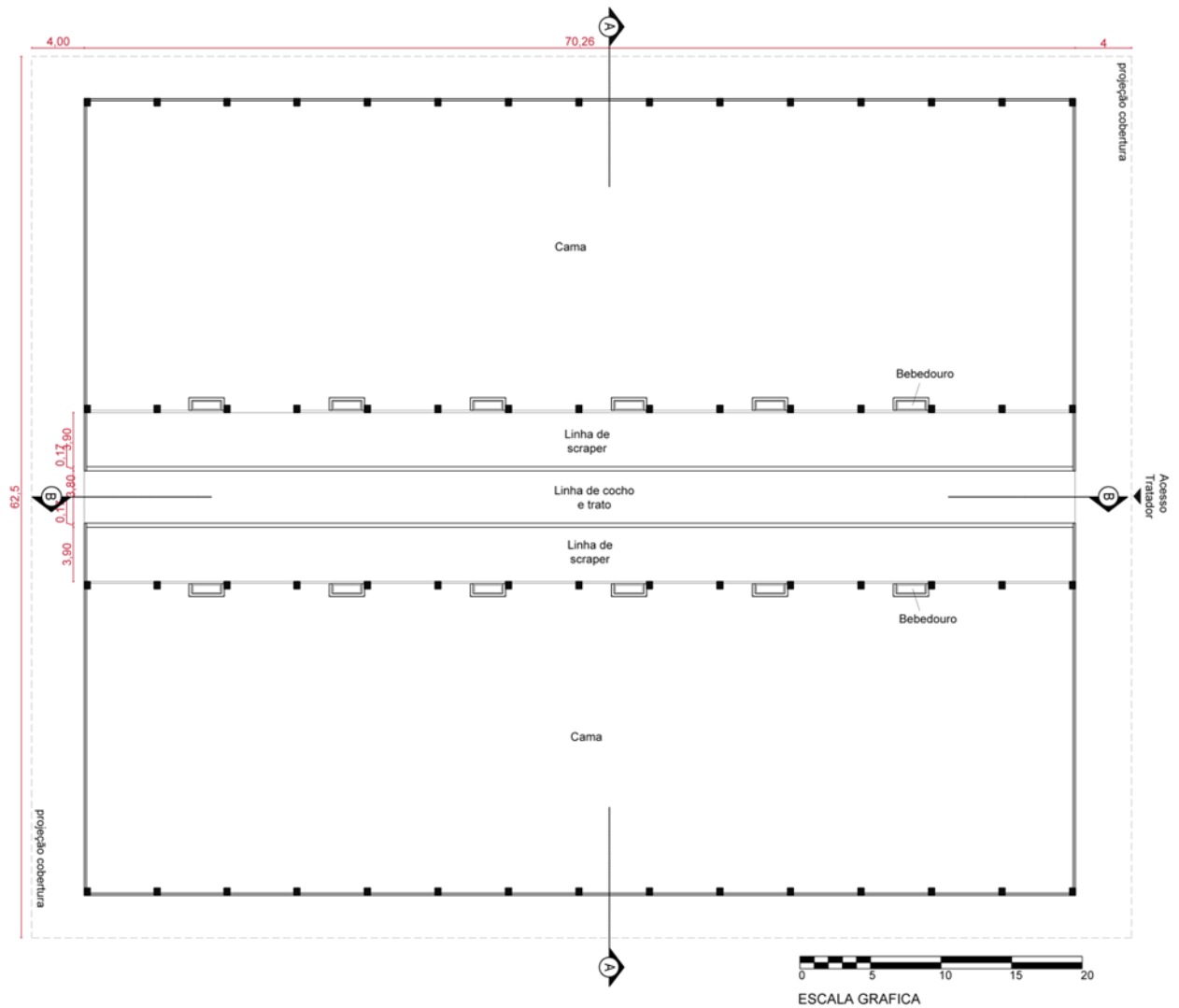
Figura 1 – Pista de alimentação e pista de trato concretada, presença de urina e fezes na pista de alimentação e proteção dos bebedouros para evitar vazamentos de água na área de cama.



Fonte: Autores.

A presença da pista de alimentação concretada em galpões de *Compost Barn* é de suma importância, pois cerca de 20 a 25% do volume de urina e fezes (Figura 1) são retidos neste local, auxiliando assim na manutenção da umidade adequada da cama (BARBERG ET AL., 2007). A inclinação do piso da pista de alimentação em galpões cujo sistema de limpeza seja por raspagem deve ser de no mínimo 0,5% no sentido do fosso. Já em sistemas que utilizam o *Flushing*, a inclinação mínima deve ser de 1,0% no sentido do fosso. A largura da pista de alimentação deve ser suficiente para que os animais possam comer e beber água ao mesmo tempo. Segundo Ogejo (2018), para que isso seja possível, a pista deve ter uma largura mínima de 4,2 metros. Recomendamos então considerar, para elaboração de um projeto, uma pista de alimentação de 4,5 m de largura.

Figura 2 – Modelo galpão de *Compost Barn* com pista de alimentação central.



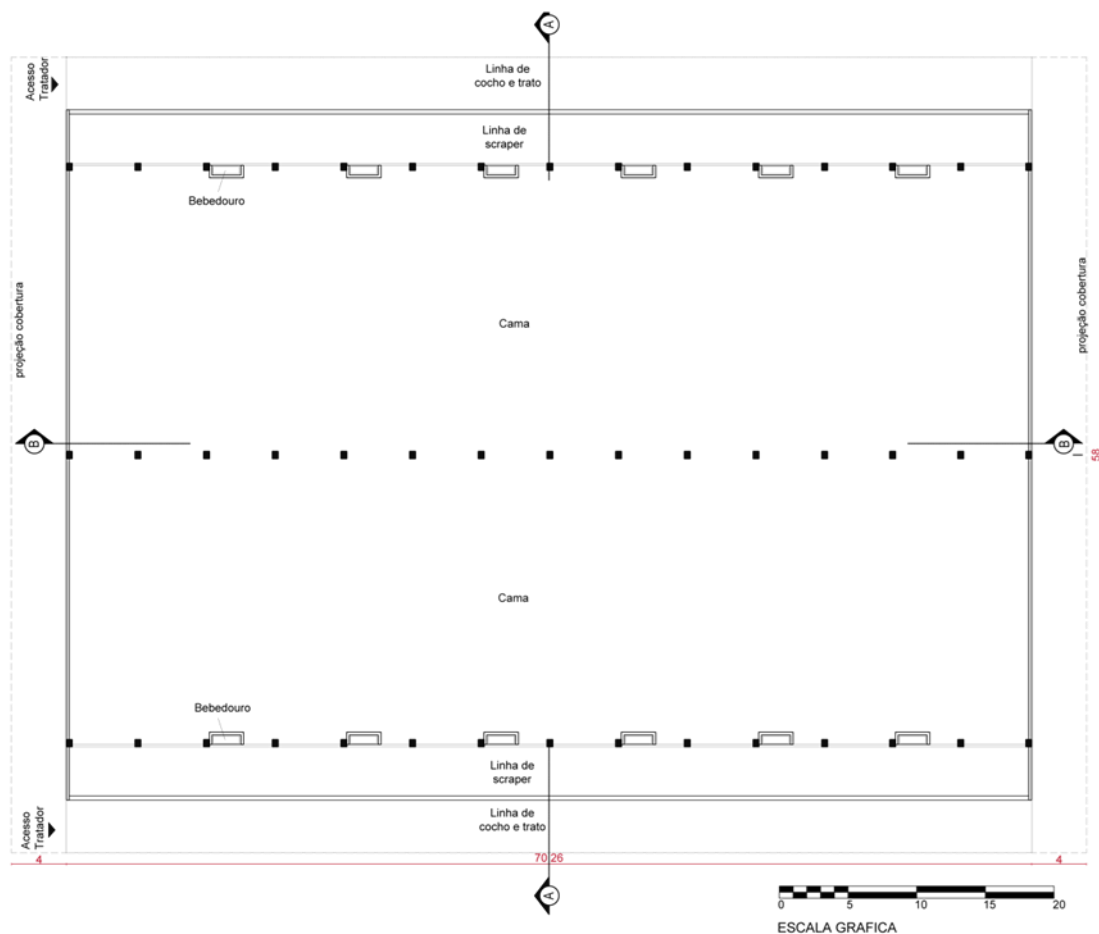
Fonte: Autores.

A pista de alimentação poderá ser posicionada lateralmente, em apenas um dos lados (Figura 4), lateralmente em ambos os lados (Figura 3), ou central (Figura 2). A definição da disposição da pista de alimentação é fundamental para o dimensionamento da cobertura do galpão devendo-se projetar beirais para evitar a entrada de água das chuvas na instalação. Em galpões com pista de alimentação em apenas uma das laterais (figura 4) ou pista de alimentação central (Figura 2), deve-se redobrar o cuidado com a entrada de água na área de cama, sendo necessários beirais de no mínimo 4 metros em regiões de grande precipitação e 2 metros em regiões de pouca precipitação. No entanto, se o posicionamento da pista de alimentação for nas duas laterais (Figura 3), a área de cama fica mais distante da lateral do galpão, pois tem-se 4,5

metros da pista de alimentação e 4,5 metros de pista de trato, dificultando assim a entrada de água das chuvas na área de cama. Em sistemas de túnel de vento climatizado, toda lateral possui fechamento por lonas, evitando consequentemente a entrada de água das chuvas, não sendo necessário beirais largos. No entanto, é preciso ter atenção quanto aos beirais também com relação a incidência de radiação solar, que poderá gerar desconforto térmico em dias de temperaturas do ar elevadas.

Paralelamente à pista de alimentação, tem-se a pista onde será ofertado o alimento, chamada de pista de trato. Esta também deve ser concretada e coberta para que o alimento ali ofertado mantenha sua qualidade. O tamanho da pista de trato deve ser do mesmo comprimento da pista de alimentação e a largura deve ser suficiente para que máquinas possam trabalhar, como vagões e tratores. Geralmente larguras de 4,5 metros são suficientes.

Figura 3 – Modelo galpão de *Compost Barn* com pista de alimentação lateral.



Fonte: Autores.

Os bebedouros deverão ser posicionados obrigatoriamente fora da área de cama, e devem oferecer vedação adequada para evitar vazamentos que possam umedecer a cama (Figura 1). Normalmente são colocados na pista de trato. O comprimento recomendado dos bebedouros 6 cm lineares por vaca em lactação (JANNI ET AL., 2007; BEWLEY ET AL., 2013). A profundidade dos bebedouros deve ser de 20 cm, de modo que a limpeza do mesmo seja facilitada. É importante que os bebedouros sejam limpos com frequência, pois esta limpeza influencia no consumo de água. Por sua vez o consumo de água está diretamente ligado à produção de leite, uma vez que vacas em lactação necessitam de 4 a 5 litros de água para cada kg de leite produzido (PERISSINOTTO ET AL., 2005; DEGASPARI & PIEKARSKI, 1998). Como em alguns momentos, como na saída da ordenha, muitos animais vão consumir água ao mesmo tempo, o fluxo de água deve ser de grande vazão para que não falte água, sendo recomendada uma vazão de pelo menos 1 litro por segundo (PERISSINOTTO ET AL. 2005).

Tabela 1 – Dimensões iniciais para elaboração de um projeto de *Compost Barn* de acordo com cada categoria.

Dimensões	Categorias			
	Novilhas (média 350kg)	Pré- parto	Vacas Secas	Vacas Lactantes
Área mínima de cama por animal	8 m ²	15 m ²	12 m ²	15 m ²
Comprimento mínimo de comedouro por animal	40 cm	1 m	80 cm	80 cm
Comprimento mínimo de bebedouros por animal	4 cm	6 cm	6 cm	6 cm

Fonte: Autores.

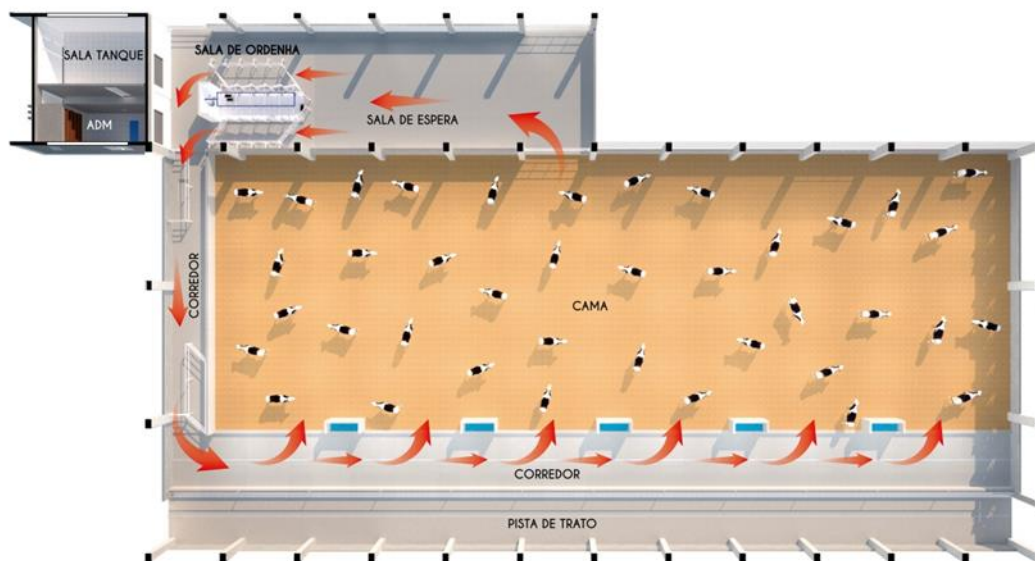
Tendo em mãos o espaçamento mínimo de comedouro por animal, a área mínima de cama por animal, a largura mínima da pista de alimentação e pista de trato, podemos também definir uma largura mínima da área de cama em um sistema de *Compost Barn* para vacas em lactação, que será 19 metros. Podemos observar estes valores no exemplo a seguir:

- Comedouro para 100 animais onde a recomendação é de 80 cm por animal, teremos 80 metros de pista de alimentação;
- Se a largura da cama for de 19 metros, 19 x 80 são 1520 m² de área de cama total;
- Sendo assim, 1520 m² de área de cama total dividido por 100 animais representam 15 m² de área de cama por animal;

- Sendo a largura da pista de trato e da pista de alimentação 4,5 m cada, teremos mais 9 metros de largura, somados aos 19 metros de largura da área de cama, temos uma largura total de 28 metros e um comprimento de 80 metros. Estes valores consideram apenas as dimensões da área de cama, pista de alimentação e pista de trato. Estruturas como sala de ordenha, zona de manejo e sala de espera, quando situadas na mesma estrutura, deverão ser adicionada para elaboração do projeto final da área total construída.

É importante levar em consideração a presença de pilares nos comedouros, pois os mesmos podem ocupar o espaço livre dos animais. Como no exemplo acima, se nos comedouros ao longo dos 80 metros, possuir pilares a cada 5 metros de 30 cm de largura cada um, serão 17 pilares que no final somarão 5,1 metros a menos de espaço livre nos comedouros. Desse modo o tamanho final dos comedouros deverá ser maior, para suprir esta redução de espaço livre.

Figura 4 – Esquema de um *Compost Barn* com sala de espera, sala de ordenha, zona de manejo e sua disposição para um fluxo contínuo de animais.



Fonte: Autores.

Quando a categoria que irá habitar o *Compost Barn* são vacas em lactação, é importante considerar na elaboração do projeto a disposição e localização de estruturas como sala de ordenha, sala de espera, pedilúvio e zona de manejo. O dimensionamento correto dessas estruturas, bem como modelos de construção, varia de acordo com o número de animais que serão ordenhados, não alterando de acordo com o sistema de confinamento. Tais detalhamentos não serão abordados neste manual. Diariamente, as vacas são levadas à sala de ordenha

(normalmente duas a três vezes), além disso, são necessárias medicações, vacinações, inseminações, diagnósticos reprodutivos, dentre outros manejos, além de se alimentar, ingerir água e se deitar. Por isso, é preciso planejar todas as instalações de acordo com as técnicas de manejo a serem aplicadas na instalação. É importante fazer com que o caminho que o animal percorre seja sempre contínuo, evitando voltas que os deixem confusos, buscando um fluxo linear e contínuo de animais (Figura 4). O animal não deve encontrar à frente obstáculos como degraus, muros, fios eletrificados e sempre deve caminhar para frente como se fechasse um círculo.

3. 3 Sistemas de ventilação em galpões de *Compost Barn*

Na elaboração de um projeto de *Compost Barn* é preciso considerar medidas que reduzam o estresse térmico dos animais, sendo necessário um projeto de resfriamento. Estudos comprovam que os maiores efeitos da temperatura sobre a produção de leite ocorrem entre 24 e 48 horas após a exposição ao estresse térmico (SMITH ET AL. 2012; COLLIER ET AL. 1981; SPIERS ET AL. 2004; WEST ET AL. 2003). Spain et al. (1998) demonstraram que vacas em lactação expostas a condições de estresse calórico, reduziram o consumo de matéria seca de 6 a 16% em relação a condição de termoneutralidade. McDowell et al. (1969) observaram uma redução de 30% na eficiência da utilização de energia para a produção de leite quando o animal se encontra em estresse térmico. Finalmente, Garcia et al. (2006) constataram que a elevação da temperatura retal em 1°C 12 horas após a inseminação, reduziu de 61 para 45% a taxa de concepção em vacas leiteiras.

Para reduzir o estresse térmico do animal é preciso diminuir sua temperatura corporal. A transferência de calor do animal para o ambiente pode ocorrer de forma sensível ou latente. A forma sensível ocorre por um gradiente de temperatura nas formas de condução, convecção e radiação (VILELA, 2008). A condução é o processo de troca de calor por contato físico (SOUZA, 2003). A transferência de calor por convecção ocorre quando uma corrente de ar entra em contato com a superfície da pele do animal aquecida, como o ar quente é menos denso que o ar frio, ele tende a subir gerando uma corrente de ar. Para que o animal perca calor por convecção, as correntes de ar do ambiente devem apresentar valores de temperatura menores do que a temperatura superficial do animal (KADZERE ET AL., 2002). A radiação é um processo de transferência de calor por ondas térmicas e ocorre principalmente por transferência de calor para o animal pela radiação solar, situação que não ocorre quando este animal está em uma instalação (KADZERE ET AL., 2002). A forma latente de transferência de calor ocorre

por um gradiente de pressão de vapor de água, por evaporação ou condensação, onde as moléculas de calor são transferidas para a água, como na respiração, transpiração e nos sistemas adiabáticos evaporativos, como aspersão, nebulização, e utilização de materiais porosos como painel de celulose (OLIVEIRA, 2015).

Desse modo, é preciso definir o tipo de ventilação que será adotada, variando entre: ventilação natural, ventilação por ventiladores, ventilação por ventiladores e aspersores; túnel de vento climatizado. Esta definição irá influenciar na área de cama por animal, presença ou não de lanternins, largura dos beirais e altura de pé direito, pois a ventilação projetada de forma adequada no *Compost Barn* tem influência no conforto dos animais bem como na manutenção da qualidade da cama, auxiliando sua secagem (ENDRES E BARBERG, 2007).

Se a ventilação do *Compost Barn* escolhida for natural, não serão usados equipamentos para resfriar os animais. No entanto, no Brasil este tipo de ventilação não é recomendado, visto que na maioria das regiões pelo menos em alguma estação do ano as temperaturas serão elevadas, gerando prejuízos aos animais como descrito anteriormente. O uso de sistema de ventilação por ventiladores é o mais utilizado, pois além de resfriar os animais, favorece na secagem da cama. Para que o sistema de ventilação seja eficiente, atendendo a estes dois requisitos, este deve fornecer uma velocidade de vento em torno de 3 m/s (RADAVELLI 2018) em todo comprimento do galpão.

O sistema de ventilação por ventiladores e aspersores é um dos mais eficientes em reduzir o estresse térmico dos animais. Ele parte do princípio da combinação da aspersão e ventilação forçada, que pode ser feita na sala de espera ou na linha de cocho. Flamenbaum (2012) descreve um método onde as vacas são resfriadas 8 vezes por dia, com ciclos de 45 minutos, e a cada 5 minutos as vacas recebem 30 segundos de aspersão e 4,5 minutos de vento, com uma velocidade de vento de 3 m/s. Estes animais apresentaram aumento do tempo em repouso e da produtividade, gerando consequentemente maior bem-estar animal (FLAMENBAUM, 2012).

O sistema de ventilação em túnel de vento em galpões de *Compost Barn* é novo, surgindo no Brasil em 2016 (LEITE INTEGRAL, 2017). O intuito deste sistema é também reduzir o estresse calórico dos animais, no entanto essa redução é mais constante e menos afetada pela temperatura ambiente ao longo do ano. O projeto de construção desse sistema segue em sua maioria o modelo do *Compost Barn* convencional, o que geralmente muda é o sistema de resfriamento, onde aspersores e ventiladores são substituídos por exaustores e placas

evaporativas. Como este sistema é ainda muito novo, o mesmo ainda não foi suficientemente testado no Brasil e não será abordado em detalhes neste manual.

3. 4 Dimensionamento de estruturas para tratamento de dejetos

A destinação e o tratamento de dejetos de bovinos leiteiros normalmente são um problema nas propriedades. Bovinos leiteiros confinados ingerem por dia, em média, 25 kg de matéria seca e 60 litros de água, o que gera um volume considerável de dejetos. Em fazendas de confinamento do tipo *Free Stall*, 100% do volume de excrementos é retirado do galpão por meio de raspadores ou lavagem (*flushing*), o que gera volumes consideráveis de dejetos. Normalmente, esses dejetos são usados em áreas de lavoura para adubação, na forma líquida, porém existem épocas do ano em que esse destino não é possível, já que as áreas estarão ocupadas com as culturas. Além disso, as instalações para tratamentos de dejetos de *Free Stall* são caras, de difícil manejo e de alta taxa de depreciação.

Os galpões do tipo *Compost barn*, recebem este nome por se tratarem de uma instalação com cama coletiva para os animais, onde seus dejetos, urina e fezes, são incorporados diariamente a um substrato (serragem, maravalha, entre outros). Essa mistura de substrato e excrementos gera um processo de compostagem nas camadas mais profundas da cama. Por esse motivo, em galpões do tipo *Compost Barn* o volume de dejetos gerados é consideravelmente reduzido, sendo constituído apenas do volume retirado da pista de alimentação, áreas de trânsito e ordenha. Em geral, há uma redução de 70 a 75% do volume de dejetos no sistema *Compost barn* quando comparado ao *Free Stall* (ECKELKAMP, 2014). Assim, considerando que o dimensionamento de *Free Stall* considera um volume de 100 litros/animal/dia de dejetos, o dimensionado da esterqueira para tratamento de dejetos em galpões de *Compost Barn*, deve considerar essa redução do volume total produzido (FREITAS, 2008).

Como exemplo, em um galpão para 100 vacas, seriam produzidos 10.000 litros de dejetos por dia mais cerca de 4.000 litros de limpeza de instalações, totalizando 14.000 litros de dejetos líquidos por dia. No entanto, considerando que apenas 30% do volume de fezes e urina em galpões de *Compost Barn* irão para esterqueira e considerando um gasto de 50% do volume de água para limpeza das instalações, dimensionaríamos, para as mesmas 100 vacas, uma esterqueira para 5.000 litros de dejetos líquidos por dia (5 m³). O tamanho mínimo do dimensionamento desta esterqueira irá variar de acordo com as legislações ambientais de cada região. Porém, considerando que a esterqueira deva ter espaço suficiente para comportar os

dejetos líquidos por 60 dias, neste mesmo exemplo de um galpão para 100 vacas, é necessário que a esterqueira tenha capacidade para 300 m³.

É importante lembrar que anexo ao galpão é necessária a construção da fossa, que será de tamanho menor, apenas para captar os dejetos. Desse modo, deve-se ter uma inclinação adequada da fossa para a esterqueira, para evitar obstruções. A esterqueira em si deve estar posicionada no mínimo a 50 m dos galpões e estar a no mínimo 200 m de residências, para evitar transtornos causados pela proliferação de moscas e mau cheiro (FREITAS, 2008).

3. 5 Materiais usados nas construções

Os materiais utilizados na construção de galpões do tipo *Compost Barn* irão variar de acordo com a disponibilidade e custo benefício de cada região. No entanto, os materiais mais usados nos pilares e na estrutura do telhado são: concreto; estruturas metálicas galvanizadas e madeira. Cada material apresenta valores e durabilidades distintas, que devem ser avaliados de acordo com seu custo benefício.

Estruturas de madeira tem durabilidade menor e maior necessidade de manutenção. Porém, geralmente os custos de implantação são menores quando comparadas às estruturas metálicas e de concreto. As estruturas metálicas devem ser galvanizadas para evitar a corrosão causada pela urina e fezes dos animais. No entanto, o custo do material galvanizado geralmente é alto e deve-se ter muita atenção quanto à qualidade da galvanização, que pode interferir na durabilidade do material. Estruturas em concreto são as mais recomendadas por possuírem uma durabilidade bem superior às outras duas instalações, contudo seu custo também é superior e o tempo de construção também é aumentado.

É importante que as laterais do galpão de *Compost Barn*, na parte onde está a cama, tenham uma mureta de 1,2 m de altura para conter a cama (JANNI ET AL. 2007). Porém é necessário deixar um espaço sem muretas para que seja possível repor material de cama quando necessário, bem como quando for trocar o material de cama.

Para a construção da cobertura, as opções de materiais são telhas de zinco, barro e ou concreto. As telhas de zinco são as mais utilizadas devido à maior facilidade de instalação e menor necessidade de manutenção. As telhas de barro ou concreto são opções interessantes pois reduzem a carga térmica radiante exterior sobre os animais quando comparados a outros materiais como telhas de zinco e fibrocimento. Contudo, a instalação é mais demorada, gera maior manutenção após a instalação e a estrutura do telhado deve ser mais reforçada, pois o

peso desses materiais é consideravelmente maior (CARDOSO ET AL. 2011). Por algum tempo telhas de fibrocimento foram utilizadas em construções para bovinos, também conhecidas como telhas de amianto. Embora este material seja um dos mais econômicos do mercado quando comparado aos citados anteriormente, não é recomendado, pois aumenta a carga térmica radiante exterior sobre os animais prejudicando o conforto térmico, além do amianto tem efeito carcinogênico comprovado em humanos.

A altura mínima do pé direito deve ser de 4 m, e o ideal é que a inclinação mínima do telhado seja de 30%. Na parte central do galpão é necessário a presença de lanternim, que é uma abertura na cumeeira para saída do ar quente, o tamanho desta abertura irá depender da largura do galpão, sendo 5 cm a cada 3 metros de largura do telhado (COLLIER ET AL 2006). Por exemplo, se um galpão tiver 30 metros de largura total do telhado, este deverá ter uma abertura de no mínimo 50 cm do lanternim, além desta abertura mínima central é importante que caso o lanternim seja coberto por outro telhado para evitar a entrada de água das chuvas, o espaço mínimo livre seja de no mínimo 20 cm, para que seja possível a saída do ar quente do galpão.

4. MANEJOS NO *COMPOST BARN*

4.1 Processo de compostagem e manejos de cama no *Compost Barn*

Para iniciar uma cama de *Compost Barn*, recomenda-se uma profundidade de cama de 40 a 50 cm, e posteriormente adiciona-se de 10 a 20 cm de material de cama a cada 5 semanas, devendo esta ser trocada entre 6 a 12 meses (JANNI ET AL. 2007). Porém para se ter sucesso em uma cama de *Compost Barn*, deve-se conhecer as condições ideais para o processo de compostagem.

Em uma cama de *Compost Barn*, onde o processo de compostagem esteja ocorrendo da forma correta, os valores de temperatura da cama, a 30 cm de profundidade, devem variar entre 40 e 50°C para possibilitar melhor degradação da celulose (KUTER ET AL., 1985; JERIS AND REGAN, 1973; FERGUS, 1964). A compostagem é uma forma de estabilização dos resíduos, que requer condições especiais de umidade e aeração para produzir temperaturas termofílicas. Esta elevação de temperatura é o principal mecanismo de inativação de patógenos e o ideal é que esteja acima de 45°C. Caso as temperaturas da cama atinjam superiores, entre 55 a 65°C,

patógenos causadores de mastite também serão eliminados pelo processo de compostagem (BLACK 2013; STENTIFORD, 1996).

Segundo Haug (1993), para que ocorra a compostagem aeróbica máxima, a umidade da cama deve estar entre 40% e 60%. No entanto, a umidade da cama tem grande influência da temperatura e da umidade relativa do ar. Normalmente, condições de temperaturas mais elevadas tendem a apresentar menor umidade relativa do ar e consequente a umidade da cama será menor (ECKELKAMP ET AL. 2016; ALBINO EL AL. 2017). Já em baixas temperaturas, principalmente com umidade relativa do ar elevada, onde o inverno é chuvoso e frio, a umidade da cama será aumentada (ECKELKAMP ET AL. 2016; ALBINO EL AL. 2017). O excesso de umidade da cama também poderá ser provocado por entradas de água, sejam pelas chuvas ou por vazamentos de bebedouros. No caso de entrada de águas da chuva, a construção deverá ser projetada de modo a evitar com que isso ocorra, adotando-se beirais mais largos e inclinação adequada. Se o problema forem os bebedouros, medidas corretivas também devem ser empregadas. A limpeza periódica dos corredores de passagem também influencia no teor de umidade da cama e é preciso que esses sejam limpos no mínimo duas vezes por dia para evitar que os locais de entrada e saída da cama não fiquem com excesso de umidade.

É necessário também que a relação entre carbono e nitrogênio na cama seja adequada. Segundo Rosen et al. (2000) é recomendado uma relação carbono:nitrogênio de 25:1 a 30:1 para uma compostagem adequada. Quando se tem excesso de matéria orgânica, tem-se excesso de nitrogênio e normalmente há um excesso de umidade na cama, desse modo a proporção de carbono é reduzida do limiar mínimo de 25:1. Quando esta situação ocorre é dificultado o processo de aeração e compostagem, podendo levar a uma fermentação anaeróbia, o que retarda a degradação e gera odores desagradáveis (ROSEN ET AL. 2000). Este é um indício de que uma fonte carbono deverá ser adicionada a cama (ROSEN ET AL. 2000).

Situações de temperatura baixa da cama, excesso de umidade e excesso de matéria orgânica indicam que é necessário fazer adição do material de cama para renovar a fonte de carbono que foi consumida pelo processo de degradação (Tabela 2). A quantidade e a frequência de reposição está ligada a diversos fatores como o tempo entre uma reposição e outra, o volume a ser repostado, as condições climáticas do ambiente, a área de cama por animal e a troca de ar dentro do galpão. Para condições de tempo úmido ou chuvoso e ventilação insuficiente, a reposição deve ser aumentada (JANNI ET AL. 2007). Instalações cuja área de cama por animal seja menor que 15 m² por vaca, necessitam de adição/reposição de substrato

de cama com maior frequência. Janni et. al. (2007) sugeriu valor de adição mensal de material de cama de 1,6 m³/vaca, em um *Compost Barn* com um adensamento animal de 7,4 m² por vaca, com vacas de média de 540 kg. Esses dados de reposição são consistentes com o que se pratica no Brasil em sistemas bem manejados.

Recomenda-se utilizar três fontes de carbono, em diferentes granulometrias, pó, moída fina e moída grossa, sendo mais recomendado resíduos de madeira (serragem e maravalha). A utilização de material de cama somente na granulometria fina, poderá provocar compactação da cama. Como consequência, ocorrerá diminuição da atividade microbiana e diminuição da aeração, reduzindo assim a taxa fermentativa e a taxa de evaporação da cama, podendo provocar umedecimento. Quando a cama é compactada, formam-se torrões, chamados de bolsas de anaerobiose, aonde não ocorrerá compostagem. Por outro lado, se o material de cama utilizado for somente de granulometria grossa, a entrada de ar será maior, podendo acelerar o processo de compostagem, fazendo com que o material de cama decomponha com maior rapidez. Os materiais usados na cama servem como substrato para as bactérias e microrganismos degradarem as fezes e a urina, sendo que materiais ricos em lignina resistem por mais tempo a degradação bacteriana e por isso levam mais tempo para serem compostados (JANNI ET AL. 2007; NRAES 1992).

Tabela 2 – Principais pontos a considerar em um sistema de *Compost Barn* bem manejado

Itens	Valores
Temperatura da cama a 30 cm de profundidade	40 a 65 ° C
Umidade da cama	40 a 60%
Relação carbono:nitrogênio	25:1 a 30:1
Adição de material de cama por vaca/mês	1,5m ³ /vaca

Fonte: Autores.

O manejo diário da cama em um *Compost Barn* consiste basicamente no revolvimento para incorporar a urina e as fezes ao material utilizado, de modo que promova o processo de compostagem. O ideal é revolver a cama duas vezes por dia, até 25 a 30 cm de profundidade (BARBERG ET AL 2006; JANNI ET AL 2007). Geralmente este revolvimento deve ocorrer quando os animais estão na sala de ordenha. No entanto, a frequência desse revolvimento não tem uma regra definida, sendo relacionada principalmente ao estado da cama e da umidade relativa do ar. Caso a cama esteja úmida e a umidade relativa do ar esteja baixa, abaixo de 65%, ela poderá ser revolvida até 4 vezes ao dia para acelerar a secagem da cama. No entanto, em

dias chuvosos e/ou com elevada umidade relativa do ar, acima de 80%, o revolvimento deve ser limitado a no máximo duas vezes ao dia, pois o ar externo pode acrescentar umidade na cama, proporcionando seu umedecimento. Porém, a ventilação deve sempre ser mantida para garantir o conforto térmico dos animais e secagem da cama.

O revolvimento da cama deve ser feito por implementos acoplados a um trator, onde a camada a ser revolvida seja de no máximo 30 cm de profundidade. Hoje existem no mercado várias opções de implementos para esta finalidade. É importante que o implemento seja capaz de aerar a cama, descompactá-la quando necessário e ser regulável quanto à profundidade de revolvimento. Essa regulagem de profundidade de revolvimento é importante porque em alguns momentos pode ser necessário alterá-la. Por exemplo, em situações onde comece a surgir um material de coloração escura no momento do revolvimento, provavelmente se trata do material já compostado, sendo então necessário reduzir a profundidade de revolvimento, pois este material não deve ser misturado ao material superficial. No momento do revolvimento também é possível observar a presença de fumaça, que é um indicativo de que a cama está em processo adequado de compostagem (Figura 5).

Figura 5 – Processo de revolvimento da cama com presença de fumaça.



Fonte: Autores.

4. 2 Monitorando o bem-estar e a ambiência em *Compost Barn*

Um importante ponto a ser avaliado em qualquer sistema de confinamento é quanto ao número de animais deitados. A vaca leiteira necessita deitar-se de 8 a 16 horas por dia, divididos em aproximadamente 15 a 25 períodos de descanso e em torno de 5 horas de sono. Quanto mais tempo os animais permanecerem em descanso, maior será o índice de conforto, o que também está relacionado a uma melhor sanidade e maior produção de leite (WAGNER, 2002; BLACK, 2013;). Quando a vaca é privada de um momento de repouso, é sinalizado, pelo eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, uma sensação de frustração, que são relacionadas à redução da imunidade e redução da produção (KRONHN E MUNKSGAARD, 1993). Animais alojados em *Compost Barn* tendem a permanecer deitados por mais tempo e em suas posições naturais, o que são indícios de bom conforto animal. Endres e Barberg (2007) avaliaram doze fazendas de *Compost Barn* no estado de Minnesota (EUA). Eles observaram que em nove das doze fazendas os animais apresentaram todas as quatro posições consideradas naturais da espécie e nas outras 3 fazendas, foram identificadas três posições. Essas quatro posições naturais dos bovinos são: deitar de lado (a vaca está deitada de um lado, o pescoço esticado e a cabeça repousa no chão); cabeça para trás (a vaca está deitada com o peito no chão, a cabeça está virada para trás e repousa sobre o corpo); cabeça no chão (a vaca está deitada como o peito no chão, o

pescoço esticado e a cabeça repousa no chão); cabeça para cima (a vaca está deitada com o peito no chão e a cabeça está levantada, posição para ruminção) (KRONHN E MUNKSGAARD, 1993).

Outro ponto a ser avaliado é o conforto térmico animal. O estresse térmico animal não está ligado apenas à temperatura do ar, mas também em sua combinação com os valores de umidade relativa do ar. Quanto maior os valores de temperatura e umidade relativa do ar, maior será o estresse térmico de uma vaca de leite (MARCHETO ET AL. 2002). Deste modo, foi desenvolvido um cálculo que compila temperatura e umidade em apenas um índice, chamado de índice de temperatura e umidade (ITU) (MARCHETO ET AL. 2002).

O ITU foi desenvolvido primeiramente para seres humanos por Thom em 1959 e posteriormente adaptado para bovinos por Berry et al. (1964), sendo calculado pela equação: $ITU = TBS + 0,36 TBU + 41,5$, onde TBS é a temperatura de bulbo seco e o TBU é a temperatura de bulbo úmido. Segundo Jhonson (1980), existe uma correlação entre ITU e produção de leite e quando o ITU está acima de 72 ocorre declínio na produção de leite, acentuando-se com um ITU de 76 a 78, sendo mais prejudicial ainda em vacas de alta produção. No entanto, Colier et al. (2012) avaliaram o limite do ITU e o tempo de exposição em relação ao ITU. Foi observado que em animais com produção maior que 35 kg por dia, em ITU médios diários acima de 68 ocorrem perdas de produção de leite. Endres e Barberg (2007) mensuraram o ITU de doze galpões tipo *Compost Barn*, e observaram que à medida que o valor de ITU aumentava os animais deitavam menos, tanto em número de vezes deitadas, quanto em tempo de permanência deitados, e aumentavam o número de passos. Esses comportamentos indicam desconforto animal, ou seja, maior estresse.





















Portanto, galpões tipo *Compost Barn* precisam ter um adequado sistema de resfriamento para que os animais ali alojados possam expressar seu máximo potencial produtivo. Dessa forma, é possível que se encontre problemas relacionados à adequada ambiência de alguns *Compost Barn* já construídos no Brasil, que impactam diretamente no resultado do sistema. Devido ao fato de o *Compost Barn* ser um sistema de menor custo de implantação que o *Free Stall*, a ambiência foi frequentemente negligenciada e muitos sistemas foram feitos sem sistemas de ventilação e resfriamento adequados.

4.3 Mastite e problemas locomotores em vacas em *Compost Barn*

A mastite é caracterizada pela inflamação da glândula mamária e é uma das doenças mais caras e mais comuns em fazendas de leite em todo o mundo (ECKELKAMP 2014). Bar et al. (2008) estimaram um custo médio de U\$ 179,00 por caso de mastite em rebanhos com produção média de 11.000 kg de leite por lactação (305 dias), considerando gastos com medicamentos, atendimento veterinário e principalmente a perda de leite. Diante desses dados, existia uma preocupação muito grande quanto ao risco de maiores incidências de mastite em vacas alojadas em *Compost Barn*. No entanto, Marcondes et al. (2019) não encontraram relação entre a Contagem de Células Somáticas (CCS) e o sistema de produção, desmistificando esse conceito.

Sabe-se que a exposição a patógenos e a capacidade de defesa do animal são os dois principais fatores causadores da mastite (HAMANN, 1991; SCHREINER E RUEGG 2003). A higiene dos animais, principalmente dos tetos e úbere, é determinante para conter infecções por patógenos ambientais, sendo essas diretamente relacionadas ao local em que o animal habita. É preciso ter atenção quanto à qualidade da cama no *Compost Barn*, pois, em casos de excesso de umidade da cama, é comum observar sujidade nos animais (Figura 6; Ruud et al., 2010). Para avaliação da sujidade dos animais é recomendado que o escore de higiene dos animais seja feito regularmente (Figura 6). Quando são observados mais de 20-30% dos animais com escores 3 ou 4, há indícios de problemas de secagem da cama, e ações corretivas deverão ser tomadas.

Ressalta-se que a qualidade do manejo de ordenha é fator determinante para a incidência de mastite (BARKEMA ET AL., 1999, SCHREINER E RUEGG 2003) e muitas vezes a incidência de mastite em um sistema de *Compost Barn* pode não estar relacionado ao manejo da cama. Uma verificação *in loco* é sempre necessária. De qualquer forma, a higiene das vacas no sistema onde habitam é fator crucial para evitar mastite. O *Compost Barn*, deve ser bem manejado de modo que os animais estejam limpos, eliminando assim um dos fatores causadores da mastite.

Escore de Limpeza	1- Limpo	2- Ligeiramente sujo	3- Sujo	4- Muito sujo
Posterior				
Coxa				
Porção Inferior da Pata				
Úbere				
Barriga				

Fonte: Adaptado de Ruud et al. 2010.

Como o *Free Stall* tem alta incidência de afecções podais, com o *Compost Barn* espera-se reduzir esse problema. Costa et al., (2018) analisaram 50 fazendas leiteiras no estado Paraná, sendo 12 em *Compost Barn*, 23 em *Free Stall* e 15 em *Free Stall* como habitação principal e *Compost Barn* para animais vulneráveis. Os autores concluíram que menos de 1 % das vacas do *Compost Barn* foram observadas com joelhos inchados ou feridas de jarretes. Enquanto no *Free Stall* este número foi seis vezes maior. Quanto às condições de higiene dos animais, não foram encontradas diferenças entre os sistemas. Os sistemas de *Compost Barn* têm apresentado melhor saúde e longevidade aos animais e, conseqüentemente, melhor desempenho reprodutivo e produtivo, pois se o animal não sente dor no sistema de locomoção, além de poder realizar todos os movimentos que deseja (como manifestar cio), também consegue ir com mais frequência à pista de alimentação para se alimentar e beber água (NORRING ET AL. 2008; FJELDAAS ET AL. 2011; LOBECK ET AL. 2011; COSTA ET AL. 2018).

Nota-se que em sistemas de *Compost Barn* os animais que passam pelo casqueamento de rotina na secagem muitas vezes não são casqueados ao longo da lactação até o próximo casqueamento de rotina (secagem). Em outros sistemas, são comuns intervenções medicamentosas e casqueamentos corretivos. Isso mostra que no *Compost Barn* ocorreu diminuição no manejo dos animais, gerando menos estresse, além de redução nos gastos com medicamentos e mão de obra. Há uma tendência em ganho na observação do cio natural pelo

aumento na movimentação e menor frequência de infecções podais e, conseqüentemente, um aumento na observação do cio natural, devido a sua disposição e vigor físico.

Recentemente algumas fazendas que trabalham com sistemas de *Free Stall* incorporaram o sistema de *Compost Barn* como uma alternativa para seus animais vulneráveis (ECKELKAMP ET AL. 2016A; COSTA ET AL 2018). No entanto, Costa et al. (2018) não encontraram benefícios em sistemas de *Free Stall* que possuíam *Compost Barn* para os animais vulneráveis. Este fato pode ser explicado pelo tempo em que esses animais permaneceram no *Compost Barn* e a condição desses animal ao ser transferido, podendo já estar em situação crítica. No caso da associação de sistemas, o ideal é o animal seja transferido para o *Compost Barn* ao primeiro sinal de claudicação, podendo assim ter uma recuperação mais rápida. Além disso, outra estratégia é sempre manejar os animais secos e em pré-parto em *Compost Barn*, oferecendo assim um período de descanso entre uma lactação e outra aos animais.

Um benefício à saúde dos cascos e pernas dos animais submetidos ao sistema de *Compost Barn* é que eles têm menor contato com pisos de concreto. Outro fator importante no sistema de *Compost Barn* é a coletividade, já que muitos trabalhos relatam que os animais assim como os seres humanos respondem melhor e são mais produtivos quando vivem em sociedade (ECKELKAMP ET AL 2016B; ENDRES E BARBERG ET AL. 2007; COSTA ET AL. 2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o sistema de *Compost Barn* seja um sistema novo, muito já foi definido a respeito e muito ainda há que se aprimorar. Neste material é possível encontrar um compilado de resultados de pesquisa sobre este sistema ao redor do mundo.

Independente do sistema adotado, é importante que o mesmo seja bem dimensionado. O setor leiteiro tem se tornado foco de grandes investidores, que por sua vez não possuem experiência prévia no ramo. Assim, muitos desses investidores não buscam apoio de bons técnicos e podem ocorrer problemas no planejamento e no projeto da construção, acarretando problemas futuros de manejo e ineficiência econômica do sistema.

Mesmo que a chance de expansão de uma fazenda seja mínima, é preciso construir os galpões em um lugar que permita expansões futuras, evitando prejuízos com as adaptações das edificações.

Com a crescente pressão ambiental em todo mundo é importante ter atenção quanto ao local que será construído o galpão, já que o esterco proveniente do sistema deve ter destino adequado. Desse modo, o *Compost Barn* pode se tornar mais atrativo do que *Free Stall*, pois apenas 30% do esterco gerado é tratado em esterqueiras. A maior parte dos resíduos restantes é incorporado ao material de cama que depois de compostado pode ser usado na adubação em terras próprias ou até mesmo vendido.

REFÊRENCIAS

Albino, R. L.; Taraba, J. L.; Marcondes, M. I.; Eckelkamp, E. A.; Bewley, J. M. Comparison of bacterial populations in bedding material, on teat ends, and in milk of cows housed in compost bedded pack barns. *Animal Production Science*, 2017.

Barberg, A. E., Endres, M. I.; Salfer, J.A.; Reneau, J.K. Performance and Welfare of Dairy Cows in an Alternative Housing System in Minnesota. *Journal of Dairy Science*, v. 90, p.1575–1583, 2007.

Barberg, A. E.; Endres, M. I.; Janni, K. A. Compost dairy barns in Minnesota: A descriptive study. *Applied Engineering in Agriculture* (Submitted for review July 2006).

Barkema, H. W.; Van der Ploeg, J. D.; Schukken, Y. H.; Lam, T. J. G. M.; Benedictus, G.; Brand, A. Management style and its association with bulk milk somatic cell count and incidence rate of clinical mastitis. *Journal of Dairy Science*. v. 82, p. 1655–1663, 1999.

Bar, D.; Tauer, L. W.; Bennett, G.; González, R. N.; Hertl, J. A.; Schukken, Y. H.; Shulte, H. F.; Welcome, F. L.; Grohn, Y. T. The Cost of Generic Clinical Mastitis in Dairy Cows as Estimated by Using Dynamic Programming. *Journal of Dairy Science*, v. 91, n. 6, 2008.

Berry I. L.; Shanklin, M. D.; Johnson, H. D. Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. *Trans. Am. Soc. Ag. Eng.* v. 7, p. 329-331, 1964.

Bewley, J. M.; Robertson, L. M.; Eckelkamp, E. A. A 100-Year Review: Lactating dairy cattle housing management. *Journal of Dairy Science*, v. 100, n. 12, 2017.

Bewley, J. M.; Taraba, J. L.; Mc Farland, D.; Garrett, P.; Graves, R.; Holmes, B.; Kammel, D.; Porter, J.; Tyson, J.; Weeks, S.; Wright, P.; Guidelines for managing compost bedded-pack barns. *Dairy Pr. Counc.* 2013. Disponível em: <https://www.dairypc.org/catalog/guidelines-for-managing-compost-bedded-pack-barns>

Black, R. A.; Taraba, J. L.; Day, G. B.; Damasceno, F. A.; Bewley, J. M. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. *Journal of Dairy Science*, v. 96, n. 12, 2013.

Collier, R. J.; Hall, L. W.; Rungruang, S.; Zimbleman, R. B. Quantifying Heat Stress and Its Impact on Metabolism and Performance. Department of Animal Sciences University of Arizona. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267844201_Quantifying_Heat_Stress_and_Its_Impact_on_Metabolism_and_Performance

Collier, R. J.; Dahl, G. E.; Vanbaale, M. J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 89, n. 4, p. 1244-1253, 2006.

Collier, R.J.; Eley, R. M.; Sharma, A. K.; Pereira, R. J.; Buffington, D. E. Shade management in subtropical environment for milk yield and composition in Holstein and Jersey Cows. *Journal of Dairy Science*. V.64, p. 844-849, 1981.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. “Brasil é responsável por cerca de 7% do leite produzido no mundo.” 20 de Dezembro de 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2634-brasil-e-responsavel-por-cerca-de-7-do-leite-produzido-no-mundo>

Cardoso, A. S.; Baeta, F. C.; Tinoco, I. F. F.; Cardoso, V. A. S. Coberturas com materiais alternativos de instalações de produção animal com vistas ao conforto térmico. *Engenharia na agricultura*, V. 19, N. 5, Viçosa - MG, 2011.

Costa, J. H. C.; Burnett, T. A.; von Keyserlingk, M. A. G.; Hötzel, M. J. Prevalence of lameness and leg lesions of lactating dairy cows housed in southern Brazil: Effects of housing systems. *Journal of Dairy Science*, v. 101, n. 3, 2018.

Degaspari, S.A.R.; Piekarski, P.R.B. *Bovinocultura leiteira:Planejamento, Manejo e instalações*. Curitiba: 1998. 429p.

Devries, T. J. Feeding Behavior, Feed Space, and Bunk Design and Management for Adult Dairy Cattle. *Vet. Clin. Food Animal*, v. 35 p. 61-76, 2019.

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, 2016a.

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, 2016b.

Eckelkamp, E. A., "Compost bedded pack barns for dairy cattle: bedding performance and mastitis as compared to sand freestalls" (2014). Theses and Dissertations--Animal and Food Sciences. 43. https://uknowledge.uky.edu/animalsci_etds/43

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

Fergus, C. L. Thermophilic and thermotolerant molds and actinomycetes of mushroom compost during peak heating. *Mycologia*, v. 56, p. 267–284, 1964.

Fjeldaas, T.; Sogstad, A. M.; Østerås, O. Locomotion and claw disorders in Norwegian dairy cows housed in free stalls with slatted concrete, solid concrete, or solid rubber flooring in the alleys. *Journal Of Dairy Science*, v. 94, p.1243–1255, 2011.

Flamenbaum, I. Efeito do manejo e de estratégias de resfriar vacas utilizadas em Israel na fertilidade, bem estar animal e sustentabilidade. XVI Curso "Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos" 15 – 16 de Março de 2012, Uberlândia - MG, Brasil.

Freitas, J. Z. Esterqueiras para dejetos de bovinos. Manual técnico. Programa Rio Rural, Niterói, 2008.

García, I.; Lopes-Gatius, F.; Santolaria, P.; Yanniz, J. L.; Nogareba, C.; López-Béjar, F.; De Rensis, F. Relationship between heat stress during the peri-implantation period and early fetal loss in dairy cattle. *Theriogenology*, v. 65, p. 799–807, 2006.

Greter, A. M.; Kitts, B. L.; DeVries, T. J. Short communication: Limit feeding dairy heifers: Effect of feed bunk space and provision of a low-nutritive feedstuff. *Journal of Dairy Science*, v. 94, p. 3124–3129.

Hamann, J. Milking hygiene, milking and mastitis. *Dairy Food Environ. San.* v. 11, p. 260–264, 1991.

Haug, R. T. *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis Publishers. 1993.

Janni, K. A.; Endres, M. I.; Reneau J. K.; Schoper, W. W. Compost dairy barn layout and management recommendations. *Applied Engineering in Agriculture*, v. 23(1), p. 97-102, 2007.

Jeris, J. S.; R. W. Regan, R. W. Controlling environmental parameters for optimum composting. Part I. *Compost Sci.* v. 14, p. 10–15, 1973.

Johnson, H. Environmental management of cattle to minimize the stress of climatic change. *International Journal of Biometeorology*, v. 24, p. 65-78, 1980.

Kadzere, C. T.; Murphy, M. R.; Silanikove, N.; Maltz, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science, Amsterdam*, v. 77, n. 1, p. 59-91, 2002.

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

Krohn, C. C.; Munksgaard, L. Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments II. Lying and lying-down behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 37, 1-16, 1993.

Kuter, G. A., H. A. J. Hoitink, and L. A. Rossman. Effects of aeration and temperature on composting of municipal sludge in a full-scale vessel system. *J. Water Pollut. Control Fed.* V. 57, p. 309–315, 1985.

Leite integral, Você sabe o que é um Compost Barn?. Dez 2012. Acessado em 08/09/19, disponível em: <http://www.revistaleiteintegral.com.br/noticia/voce-sabe-o-que-e-um-compost-barn>

LEITE INTEGRAL, 2017. Compost barn em túnel de vento – uma nova alternativa para confinamento de vacas leiteiras. Junho 2017, disponível em: <http://www.revistaleiteintegral.com.br/noticia/compost-barn-em-tunel-de-vento>

Lobeck, K. M.; Endres, M. I.; Shane, E. M.; Godden, S. M.; Fetrow, J. 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.

Marcondes, M. I.; Mariano, W. H.; DeVries, A. Production, economic viability and risks associated with switching dairy cows from drylots to compost bedded pack systems. *The Animal Consortium*, p.1-10, 2019.

Marcheto, F. G.; Nääs, I. A.; Salgado, D. D.; Souza, S. R. L. Efeito das temperaturas de bulbo seco e de globo negro e do índice de temperatura e umidade, em vacas em produção alojadas em sistema de Free- Stall. *Braz. J. vet. Res. anim. Sci.*, São Paulo, v.39, n.6, p. 320-323, 2002.

McDowell, R. E.; Moody E. G.; Van Soest, P. J.; Lehmann, R. P.; Ford, G. L. Effect of Heat Stress on Energy and Water Utilization of Lactating Cows. *Journal Dairy Science*, v. 52, n. 2, 1969.

Mogensen, L.; Nielsen, L. H.; Hindhede, J.; Sørensen, J. T.; Krohn, C. C. Effect of Space Allowance in Deep Bedding Systems on Resting Behaviour, Production, and Health of Dairy Heifers. *Acta Agricultura Scandinavica, Animal Sci.* v. 47, p. 178-186, 1997.

Norring, M.; Manninen, E.; Passillé, A. M.; Rushen, J.; Munksgaard, L.; Saloniemi, H. Effects of sand and straw bedding on the lying behavior, cleanliness, and hoof and hock injuries of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 91, p. 570–576, 2008.

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

Ogejo, J. A. *Compost Bedded Pack Dairy Barns*. Virginia Cooperative Extension, Virginia Tech, VT/0418/442-124 (BSE-228P), 2018.

Oliveira, J. M. M. *Ambiência e bem-estar para vacas leiteiras de alta produção*. Monografia apresentada para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Goiás – Campus CET, Anápolis (GO), 2015.

Perissinotto, M.; Moura, D. J.; Silva, I. J. O.; Matarazzo, S. V. Influência do ambiente na ingestão de água por vacas leiteiras. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.2, p.289-294, 2005.

Radavelli, W. M. *Caracterização do sistema de Compost barn em regiões subtropicais brasileiras*. Dissertação de mestrado (Mestrado em zootecnia). Chapeco – UDESC. 89 p. 2018.

Rioja-Lang, F. C. R.; Roberts, D. J.; Healy, S. D.; Lawrence, A. B.; Haskell, J. H. Dairy cow feeding space requirements assessed in a Y-maze choice test. *Journal of Dairy Science*. v. 95, n. 7, 2012.

Rosen, C.; Halback, T. R.; Mugaas, R. Composting and mulching: A guide to managing organic yard waste. St. Paul, Minn.; Univ. of Minnesota, University of Minnesota Extension Publication # BU-3296-GO. 2000.

Ruud, L. E., Bøe, K. E., & Osterås, O. (2010). Risk factors for dirty dairy cows in Norwegian freestall systems. *Journal of dairy science*, 93(11), 5216–24.

Schreiner, D. A.; Ruegg, P. L. Relationship Between Udder and Leg Hygiene Scores and Subclinical Mastitis. *Journal of Dairy Science*, v. 86, n. 11, 2003.

Silva, I. J. O.; Pandorfi, H.; Acararo Jr., I.; Piedade, S. M. S.; Moura, D. J. Efeitos da Climatização do Curral de Espera na Produção de Leite de Vacas Holandesas. *R. Bras. Zootec.*, v.31, n.5, p.2036-2042, 2002.

Smith, J. F.; Harner III, J. P.; Bradford, B. J.; Collier, R. J.; Estratégias de resfriamento de vacas de leite utilizadas nos EUA. XVI Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos – 2012. Disponível em: <http://www.fca.unesp.br/conapecjr>

Souza, S.R.L. Análise do ambiente físico de vacas leiteiras alojadas em sistema de free stall. 2003. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003.

Spain JN, Spiers DE, Snyder BL: The effects of strategically cooling dairy cows on milk production. *J Animal Sci* 76(Suppl. 1):103, 1998.

Spiers, D.E.; Spain, J. N.; Sampson, J. D.; Rhoads, R. P. Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. *J. Thermal Biol.* v. 29, p. 759-764, 2004.

Stentiford, E. I. Composting control: Principles and practice. Pages 49–59 in *The Science of Composting, Part 1*. M. de Bertoldi, P. Sequi, B. Lemmes, and T. Papi, ed. Blackie Academic and Professional, London, UK, 1996.

Thom, E.C.1959. Cooling degree days. *Air conditioning, heating and ventilating* 55:65-69.

USDA. 2007. Dairy 2007, Part 1: Reference of dairy cattle health and management practices in the United States. USDA-APHIS-VS, CEAH, Fort Collins, CO.

Vilela, R. A. Comportamento e termorregulação de vacas holandesas lactantes frente a recursos de ventilação e nebulização em estabulação livre. 2008. 88p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2008.

Wagner, P. E. 2002. Bedded pack shelters. Disponível em: <http://crbh.psu.edu/das/research-extension/dairy/dairy-digest/articles/bedded-pack-shelters>

West, J. W.; Mullinix, B. G.; Bernard, J. K. Effects of hot humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 86(1), p. 232-242, 2003.

Whitlock, L. A.; Martin III, J. G. J.; Armstrong, D. V. Large confined dairy herd systems in hot climates. *Large Dairy Herd Management*, 3rd ed., Cap. 2-07, American Dairy Science Association, 2017.