Universidade Federal de Viçosa
Pró-Reitoria de Extensão e Cultura
Divisão de Extensão – DEX

ISSN - 1415-692X

Manual Técnico de Construção e Manejo de Compost Barn para Vacas Leiteiras

Emília Mara Rabelo Caldato
Mestre em Zootecnia

André Caldato
Mestre em Zootecnia

Marcos Inácio Marcondes
Professor do Departamento de Zootecnia

Polyana Pizzi Rotta
Professora do Departamento de Zootecnia

Viçosa – MG
2020

Boletim de Extensão 75: Manual Técnico de Construção e Manejo de *Compost Barn* para Vacas Leiteiras

2020 by Universidade Federal de Viçosa
Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Universidade Federal de Viçosa-UFV Pró-Reitoria de Extensão e Cultura
Divisão de Extensão/Área de Educação e Popularização da Ciência e Tecnologia 36570-900 -Viçosa-MG
Tel.: (31) 3612-2001
E-mail: epct@ufv.br
Livraria Editora UFV Campus Universitário 36570-900 - Viçosa-MG
Tel.: (31) 3612-2067
E-mail: editora@ufv.br
Tiragem: 400 exemplares Impressos no Brasil

Ficha catalográfica elaborada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa

M294 2020

Manual técnico de construção e manejo de compost barn para vacas leiteiras / Emília Mara Rabelo Caldato … [et al.] -- Viçosa, MG : Universidade Federal de Viçosa, Pró- Reitoria de Extensão e Cultura, Divisão de Extensão, 2020.

1 livro eletrônico (pdf, 2 MB). -- (Boletim de Extensão, ISSN 1415- 692X ; n. 75)

Requisitos do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construções rurais. 2. Vacas – Confinamento. 3. Compostagem. I. Caldato, Emília Mara Rabelo, 1979-. II. Caldato, André, 1986-. III. Marcos Inácio Marcondes, 1982-. IV. Rotta, Polyana Pizzi, 1987-. V. Universidade Federal de Viçosa. Pró- Reitoria de Extensão e Cultura. Divisão de Extensão. VI. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. VII. Série.

CDD 22. ed. 631.22

Bibliotecária responsável: Alice Regina Pinto Pires - CRB6 2523

Sumário

Introdução 6

Planejamento 9

Elaboração do Projeto 12

Manejos no *Compost Barn* 29

Considerações Finais 41

Referências 42

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 por Rio Grande do Sul e Paraná, que se alternam na segunda e na terceira posição (CONABE, 2018). Nos últimos dez anos a produção mundial cresceu 1,5%, atingindo 462, 4 milhões de toneladas por ano. Nesse mesmo período, a produção no Brasil cresceu 2,4% ao ano, se tornando um dos maiores produtores mundiais (CONABE, 2018).

A produção leiteira atual vem se intensificando cada vez mais, o que se deve ao fato de que, para obter maior retorno financeiro, tem sido necessário um investimento em escalas de produção. Com maior volume de produção, normalmente se consegue melhor preço por litro e diluição dos custos fixos. Ademais, com a necessidade de maior quantidade de insumos, é possível obter melhores preços na compra desses. Dessa 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 melhor aproveitamento das áreas agricultáveis (BEWLEY et al.,2017).

Um dos sistemas de confinamento de vacas leiteiras que vêm 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* provavelmente tenha surgido por volta de 1980 no estado da Virginia, nos EUA (BEWLEY et al., 2017). No entanto, ele passou a ser mais explorado somente a partir de 2001, quando o primeiro sistema foi construído no estado de Minnesota (EUA) e, posteriormente, foi se difundindo pelos estados de Kentucky, Ohio e NovaYork (BARBERG e tal., 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; BARBERG, 2007).

No Brasil, o sistema *Compost Barn* surgiu em 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. No entanto, 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 desse sistema no Brasil era a redução nos custos de implantação, muitas adaptações nas instalações foram realizadas para essa redução, as quais, aliadas a práticas de manejo 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 encontrar 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 a 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 do 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 fósforo, potássio e nitrogênio, que pode ser utilizado na adubação agrícola, auxiliando na redução dos custos na produção de alimentos.

Assim, este manual 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 sua implantação e manejo.

Planejamento

A elaboração de um projeto de instalação do tipo *Compost Barn* requer algumas etapas. Primeiramente, devem ser levantadas questões relacionadas a 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 este deve oferecer capacidade para possíveis ampliações futuras. A localização deve ser de fácil acesso, sendo necessária uma área mínima de circulação ao redor da área construída, de 5 m 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 à estrutura. Contudo, existem medidas, como aterros e drenagens, que, de acordo com cada situação, poderão contornar esses problemas.

A região e o clima do local onde será instalado o sistema têm grande influência na definição de área de cama por animal, uma vez que, 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, visto que, com umidade relativa do ar mais baixa, será mais fácil 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 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. Contudo, no caso de galpões fechados, em sistema de ventilação cruzada ou em túnel de vento, essa 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 anexas ao galpão de alojamento das vacas. Essa decisão irá interferir na elaboração de corredores para levar os animais até essas 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, área de escritório, banheiros e farmácia não sofrem considerável influência 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. Esse 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 todo, dependendo de

algumas regiões. Como a pecuária leiteira é uma atividade em que as margens são pequenas, é preciso ganhar em escala de produção. Todavia, a maioria das raças especializadas para produção de leite é de origem europeia, sendo assim mais sensíveis a elevadas temperaturas. Além disso, uma vaca mais produtiva apresenta maior taxa metabólica, gerando mais calor, o que dificulta o controle de temperatura corporal desse 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. Esse material apresenta 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 exclusivamente materiais alternativos pode não ser possível, ma sua associação com a serragem pode produzir bom resultado (JANNI et al., 2007).

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, bem como sobre engenharia, para que, assim, a implantação do sistema de *Compost Barn* apresente resultados satisfatórios.

DIMENSIONAMENTO DA ÁREA DE CAMA

Um dos primeiros pontos a serem estabelecidos é o tamanho da cama onde os animais irão se deitar, o qual é definido como área de cama por animal (m^2/animal). É importante lembrar que menores áreas de cama por animal irão concentrar maior volume de urina e fezes, gerando consequentemente mais umidade na cama e maior dificuldade de manejo adequado desta. 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* é o clima local, pois em regiões com grande volume de pluviosidade o ideal é adotar maior área de cama por animal, e em regiões mais secas é possível menor área de cama por animal. Como o Brasil é um país de grande extensão territorial, deve ser feita 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 se instalará o *Compost Barn*

deve ser avaliada, pois, caso esta seja dificultada, o número de reposições será menor, sendo necessário usar maior área de cama por animal.

Autores americanos (JANNI et al., 2007) recomendam uma área de cama por animal menor, de 7,4 m^2 por animal, para vacas de aproximadamente 540 kg, pois o volume de urina e esterco está diretamente relacionado ao peso e à produção de leite do animal. Já os sistemas israelenses utilizam uma área de cama maior por animal: aproximadamente 15m^2 por vaca. Embora estejam situados em um clima com menor pluviosidade, eles optam por menor frequência de reposição de cama (KLAAS et al., 2010). Em se tratando de Brasil, pode-se dizer que o valor mínimo planejado de área de cama por animal deve ser de 15 m^2 para vacas em lactação. Esse 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 atraso nas reposições. Com relação a vacas secas, como este animal consome menor quantidade de alimento, seu volume de fezes e urina é menor quando comparado ao de vacas em lactação. Nessa categoria, pode-se dimensionar a área de cama por animal com um valor mínimo de 12m^2/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 esse animal o mais confortável possível. Além disso, como o animal normalmente irá parir nesse local, este 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 15m^2 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 essa categoria. Mogensen et al. (1997) estudaram o comportamento de novilhas e encontraram que, para evitar perdas em ganho de peso, o espaçamento mínimo de uma instalação para essa faixa etária deve ser acima de 3,6 m^2 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 m^2/animal, pensando em animais com peso médio de 350 kg, uma vez que, além do espaço físico por animal, deve ser considerado o volume de urina e esterco gerado e o espaço de cocho e bebedouro.

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 delas. 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 a respeito e constatou 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 elaboração de um projeto de *Compost Barn*, o comprimento da pista de alimentação deve considerar no mínimo 80 cm lineares por animal alojado para vacas adultas (lactantes ou secas). Além disso, é recomendado que toda a 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 deve ser menor. Greter e tal. (2011) sugeriram um espaçamento de cocho de 34 cm/animal para animais com 350 kg de peso corporal. Nossa experiência mostra que, para condições brasileiras, é recomendado um espaçamento mínimo de 40 cm/animal.

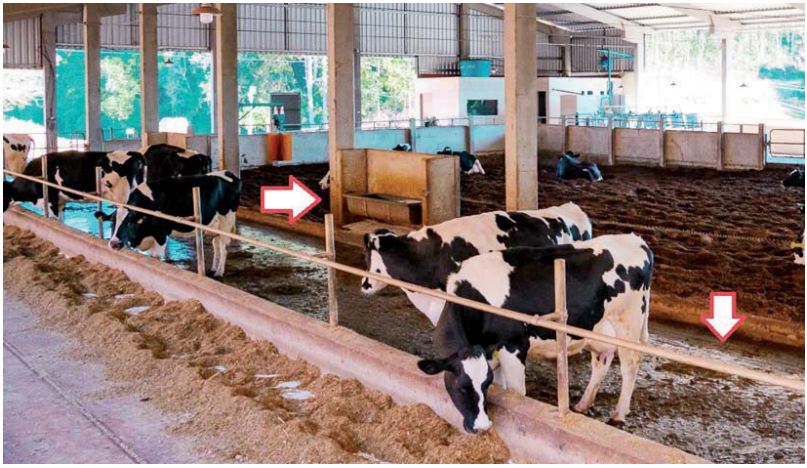

Figura 1 - Pista de alimentação e pista de trato concretada, presença de urina e fezes na pista de alimentação e proteção dos bebedouros para evitar vazamentos de água na área de cama.

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) é retido nesse 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 m. Recomenda-se então considerar, na elaboração de um projeto, uma pista de alimentação de 4,5 m de largura.

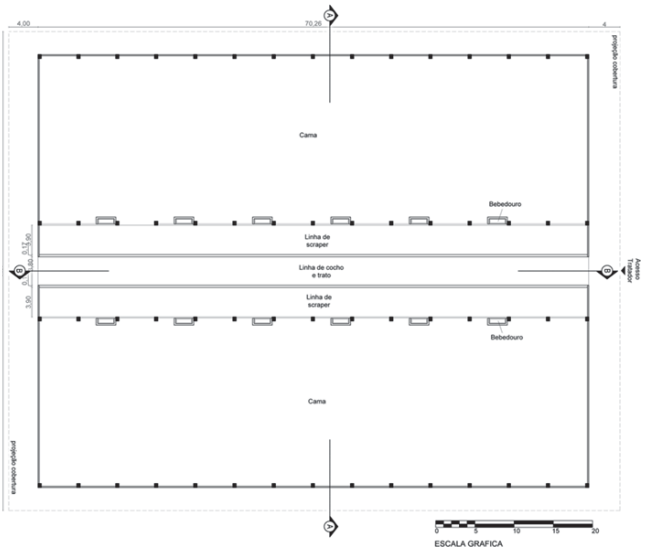

Figura 2 - Modelo de galpão de *Compost Barn* com pista de alimentação central.

A pista de alimentação poderá ser posicionada lateralmente, em apenas um dos lados (Figura 4), lateralmente em ambos os lados (Figura 3), ou no centro (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 m em regiões de grande precipitação e 2 m 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 têm-se 4,5 m da pista de alimentação e 4,5 m 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 necessários beirais largos. Contudo, é preciso ter atenção quanto aos beirais com relação à incidência de radição 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 o mesmo da pista de alimentação, e a largura deve ser suficiente para que máquinas possam trabalhar, como vagões e tratores. Geralmente, a largura de 4,5 m é suficiente.

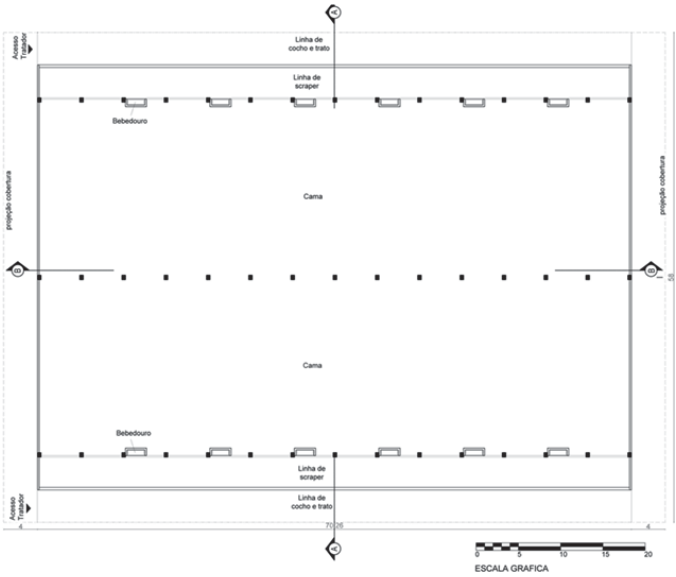

Figura 3 - Modelo de galpão de *Compost Barn* com pista de alimentação lateral.

Os bebedouros deverão ser posicionados obrigatoriamente fora da área de cama e devem oferecer vedação adequada a fim de evitar vazamentos que possam umedecer a cama (Figura1). Normalmente são colocados na pista de trato. O comprimento recomendado dos bebedouros é de 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 sua limpeza seja facilitada. É importante que eles sejam limpados com frequência, pois essa 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 ela não falte, 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	NOVILHAS (MÉDIA DE 350 KG)	CATEGORIAS 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	80cm	80 cm
COMPRIMENTO MÍNIMO DE BEBEDOURO POR ANIMAL	4 cm	6 cm	6 cm	6 cm

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

- Para comedouro para 100 animais em que a recomendação é de 80 cm por animal, tem-se 80 m de pista de alimentação.

- Se a largura da cama for de 19 m, 19 x 80 são 1.520 m^2 de área de cama total.

- Assim, 1.520 m^2 de área de cama total divididos por 100 animais representam 15 m^2 de área de cama por animal.

- Sendo a largura da pista de trato e da pista de alimentação de 4,5 m cada, tem-se mais 9 m de largura, somados aos 19 m de largura da área de cama, chega-se a uma largura total de 28 m e um comprimento de 80 m. 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 adicionadas para elaboração do projeto final da área total construída.

É importante levar em consideração a presença de pilares nos comedouros, pois eles podem ocupar o espaço livre dos animais. Como no exemplo supracitado, se nos comedouros ao longo dos 80 m houver pilares a cada 5 m de 30 cm de largura cada um, serão 17 pilares, que no final somarão 5,1 m a menos de espaço livre nos comedouros. Desse modo, o tamanho final dos comedouros deverá ser maior, a fim de suprir essa redução de espaço livre.

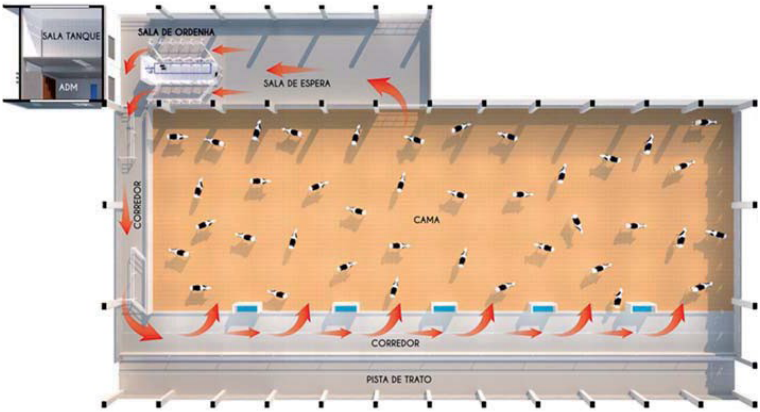

Figura 4 - Esquema de um *Compost Barn* com sala de espera, sala de ordenha, zona de manejo e sua disposição para um fluxo contínuo de animais.

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 de modelos de construção, varia de acordo com o número de animais que serão ordenhados, não alterando de acordo com o sistema de confinamento. Esses 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, entre 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 a ser percorrido pelo animal 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 e fios eletrificados e sempre deve caminhar para frente, como se fechasse um círculo.

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 à condição de termoneutralidade. McDowell et al. (1969) observaram redução de 30% na eficiência da utilização de energia para a produção de leite quando o animal se encontrou em estresse térmico. Finalmente, Garcia et al. (2006) constataram que a elevação da temperatura retal em 1ºC 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 que os da 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, em que 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 a ser adotado, o qual pode variar entre: ventilação natural, ventilação por ventiladores, ventilação por ventiladores e aspersores e túnel de vento climatizado. Essa 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; 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, conforme descrito. O sistema de ventilação por ventiladores é o mais utilizado, pois, além de resfriar os animais, favorece a secagem da cama. Para que o sistema de ventilação seja eficiente, atendendo a esses dois requisitos, ele deve fornecer uma velocidade de vento em torno de 3 m/s (RADAVELLI, 2018) em todo o 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 em que as vacas são resfriadas oito vezes por dia, com ciclos de 45 minutos, e a cada cinco minutos elas recebem 30 segundos de aspersão e 4,5 minutos de vento, com velocidade de vento de 3 m/s. Esses 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, tendo surgido no Brasil em 2016 (LEITE INTEGRAL, 2017). O objetivo desse sistema é também reduzir o estresse calórico dos animais, porém 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, em que aspersores e ventiladores são substituídos por exaustores e placas evaporativas. Como é ainda muito novo, esse sistema ainda não foi suficientemente testado no Brasil e não será abordado em detalhes neste manual.

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 esse nome por se tratar 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 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 uma esterqueira de Free Stall utiliza o

volume de 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, seria dimensionada, para as mesmas 100 vacas, uma esterqueira para 5.000 litros de dejetos líquidos por dia (5 m^3). O tamanho mínimo do dimensionamento desta esterqueira irá variar de acordo com a legislação ambiental de cada região. Contudo, considerando que a esterqueira deve 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 300m^3.

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 haver uma inclinação adequada da fossa para a esterqueira, para evitar obstruções. A esterqueira em si deve ser posicionada no mínimo a 50 m dos galpões e estar a no mínimo 200 m de residências, a fim de evitar transtornos causados pela proliferação de moscas e mau cheiro (FREITAS,2008).

MATERIAIS USADOS NAS CONSTRUÇÕES

Os materiais utilizados na construção de galpões do tipo *Compost Barn* irão variar de acordo com a disponibilidade e

o 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 valor e durabilidade distintos, que devem ser avaliados de acordo com seu custo-benefício.

Estruturas de madeira têm durabilidade menor e maior necessidade de manutenção. Todavia, geralmente os custos de implantação são menores quando comparados aos das 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 terem durabilidade bem .superior aos outros dois materiais, porém 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). Contudo, deve-se 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 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 comparadas a outros materiais, como telhas de zinco e fibrocimento. Entretanto, a instalação é mais demorada,

gera maior manutenção após a instalação e a estrutura do telhado deve ser mais reforçada, uma vez que 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 esse material seja um dos mais econômicos do mercado quando comparado aos supracitados, não é recomendado, pois aumenta a carga térmica radiante exterior sobre os animais, prejudicando o conforto térmico, além de o amianto ter 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 m de largura do telhado (COLLIER et al., 2006). Por exemplo, se um galpão tiver 30 m 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 livre seja de no mínimo 20 cm, para que seja possível a saída do ar quente do galpão.

Manejos no *Compost Barn*

PROCESSO DE COMPOSTAGEM E MANEJOS DE CAMA NO *COMPOST BARN*

Para construir uma cama de *Compost Barn*, recomenda-se uma profundidade de cama de 40 a 50 cm e, posteriormente, a adição de 10 a 20 cm de material de cama a cada cinco semanas, devendo esta ser trocada entre 6 e 12 meses (JANNI et al., 2007). Contudo, para ser bem sucedido com uma cama de *Compost Barn*, devem-se conhecer as condições ideais para o processo de compostagem.

Em uma cama de *Compost Barn* em que 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 50ºC, para possibilitar melhor degradação da celulose (KUTER et al., 1985; JERIS; 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. Essa elevação de temperatura é o principal mecanismo de inativação de patógenos, e o ideal é que esteja acima de 45ºC. Caso as temperaturas da cama sejam superiores, entre 55 e 65ºC, 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, consequentemente, a umidade da cama será menor (ECKELKAMP et al., 2016; ALBINO et 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 et al., 2017). O excesso de umidade da cama também poderá ser provocado por entradas de água, seja pelas chuvas ou por vazamentos de bebedouros. No caso de entrada de águas da chuva, a construção deverá ser projetada de modo a evitar 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 eles sejam limpos no mínimo duas vezes por dia, para evitar que os locais de entrada e saída da cama 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 recomendada uma relação carbono: nitrogênio de 25:1 a 30:1 para uma compostagem adequada. Quando há excesso de matéria orgânica, tem-se excesso de nitrogênio, e normalmente há excesso de umidade na cama; desse modo, a proporção de carbono é reduzida do limiar mínimo de 25:1. Quando essa 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. Esse é um indício de que uma fonte de carbono deverá ser adicionada à cama (ROSEN et al., 2000).

Situações de temperatura baixa da cama, excesso de umidade e excesso de matéria orgânica indicam que é necessário adicionar 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 estão ligadas a diversos fatores, como o tempo entre uma reposição e outra, o volume a ser reposto, 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 m^2 por vaca necessitam de adição/reposição de substrato de cama com maior frequência. Janni et al. (2007) sugeriram valor de adição mensal de material de cama de 1,6 m^3/vaca em um *Compost Barn* com adensamento animal de 7,4 m^2 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 recomendados resíduos de madeira (serragem e maravalha). O uso de material de cama somente na granulometria fina poderá provocar a compactação dela. 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, onde não ocorrerá compostagem. Por outro lado, se o material de cama for somente de granulometria grossa, a entrada de ar será maior, o que pode acelerar o processo de compostagem,

fazendo com que o material de cama se decomponha com maior rapidez. Os materiais usados na cama servem como substrato para as bactérias e microrganismos degradarem as fezes e a urina; materiais ricos em lignina resistem por mais tempo à 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

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 esse revolvimento ocorre quando os animais estão na sala de ordenha. No entanto, a frequência desse revolvimento não tem uma regra definida, estando relacionada principalmente com o estado da cama e a umidade relativa do ar. Caso a cama esteja úmida e a umidade relativa do ar abaixo de 65%, ela poderá ser revolvida até quatro vezes ao dia para acelerar a sua secagem. 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 levar umidade à cama, proporcionando seu umedecimento. Contudo, a ventilação deve sempre ser mantida, a fim de garantir o conforto térmico dos animais e a 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 essa finalidade. É importante que o implemento seja capaz de aerar a cama e descompactá-la quando necessário e seja 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 em que 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.

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 sinalizada, pelo eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, uma sensação de frustração, que está relacionada à redução da imunidade e redução da

produção (KRONHN; MUNKSGAARD,1993). Animais alojados em *Compost Barn* tendem a permanecer deitados por mais tempo e em suas posições naturais, oque é indício de bom conforto animal. Endres e Barberg (2007), avaliando 12 fazendas de *Compost Barn* no estado de Minnesota (EUA), observaram que em nove delas os animais apresentaram todas as quatro posições consideradas naturais da espécie, e nas outras três fazendas foram identificadas três posições. As 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 com o peito no chão, o pescoço esticado e a cabeça repousa no chão); e cabeça para cima (a vaca está deitada com o peito no chão e a cabeça está levantada posição para ruminação) (KRONHN; 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 à sua combinação com os valores de umidade relativa do ar. Quanto maiores os valores de temperatura e umidade relativa do ar, maior será o estresse térmico de uma vaca de leite (MARCHETO et al., 2002). Desse 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:

$$ITU = TBS + 0{,}36\,TBU + 41{,}5$$

Em que TBS é a temperatura de bulbo seco e TBU é a temperatura de bulbo úmido. Segundo Jhonson (1980), existe uma correlação entre ITU e produção de leite: 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 ITUs médios diários acima de 68 ocorrem perdas de produção de leite. Endres e Barberg (2007) mensuraram o ITU de 12 galpões do tipo *Compost Barn* e observaram que, à medida que o valor de ITU aumentava, os animais deitavam menos, tanto em número de vezes deitados quanto em tempo de permanência deitados, e aumentavam o número de passos. Esses comportamentos indicam desconforto animal, ou seja, maior estresse.

Portanto, galpões do 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 encontrem problemas relacionados à adequada ambiência de alguns *Compost Barn* já construídos no Brasil, os quais têm impacto direto 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.

MASTITE E PROBLEMAS LOCOMOTORES EM VACAS EM *COMPOST BARN*

A mastite, caracterizada pela inflamação da glândula mamária, 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, havia preocupação muito grande quanto ao risco de maior incidência 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; RUEGG, 2003). A higiene dos animais, sobretudo dos tetos e úbere, é determinante para conter infecções por patógenos ambientais, sendo elas 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 deles 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; RUEGG 2003), e muitas vezes essa incidência em um sistema de *Compost Barn* pode não estar relacionada 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 a 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				

Figura 6 - Escore dehigiene.

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 do Paraná, sendo 12 em *Compost Barn*, 23 em Free Stall e 15 em Free Stall como habitação principal e *Compost Barn* para

animais vulneráveis. Esses autores concluíram que menos de 1% das vacas do *Compost Barn* foram observadas com joelhos inchados ou feridas de jarretes. Já no Free Stall esse 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 proporcionado melhor saúde e longevidade aos animais e, consequentemente, melhor desempenho reprodutivo e produtivo, uma vez que, 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 de ganho na observação do cio natural pelo aumento na movimentação e menor frequência de infecções podais e, consequentemente, aumento na observação do cio natural, em razão de sua disposição e seu 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. Esse fato pode ser explicado pelo tempo em que esses animais permaneceram no *Compost Barn* e pela condição deles ao serem transferidos, podendo já estar em situação crítica. No caso da associação de sistemas, o ideal é que 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 a eles.

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; BARBERG et al., 2007; COSTA et al., 2018).

Considerações Finais

Embora o *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 esse sistema ao redor do mundo.

Independentemente do sistema adotado, é importante que ele 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 complicações futuras 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 da sedificações.

Com a crescente pressão ambiental em todo mundo, é importante ter atenção quanto ao local em 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 que o Free Stall, pois apenas 30% do esterco gerado é tratado em esterqueiras. A maior parte dos resíduos restantes é incorporada ao material de cama, que, depois de compostado, pode ser usado na adubação em terras próprias ou até mesmo vendido.

Referências

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.; GONZALÉZ, 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. Disponívelem: 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.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **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**, Viçosa-MG, v. 19, n. 5, 2011.

COSTA, J. H. C.; BURNETT, T. A.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; HÔTZEL, 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. 429 p.

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. Disponível em: 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 Sciencie**, 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.; 0STERÁS, 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**. Uberlândia-MG: 2012. (XVI Curso "Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos").

FREITAS, J. Z. **Esterqueiras para dejetos de bovinos**. Niterói: Programa Rio Rural, 2008. (Manual técnico).

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 Sciencie**, 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**. [S.l.]: 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 n. 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 Veterinrertidsskrift**, 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, p. 1-16,1993.

KUTER, G. A.; HOITINK, H. A. J.; ROSSMAN, L. A. 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*?** 2012. Disponível em: http://www.revistaleiteintegral.com.br/noticia/voce-sabe-o-que-e-um-compost-barn. Acesso em: 8 set. 19.

LEITE INTEGRAL. ***Compost barn* em túnel de vento:** uma nova alternativa para confinamento de vacas leiteiras. 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-, 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 systems. **The Animal Consortium**, p.1-10, 2019.

MARCHETO, F. G.; NÃÃS, 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.; S0RENSEN, J. T.; KROHN, C. C. Effect of Space Allowance in Deep Bedding Systems on Resting Behaviour, Production, and Health of Dairy Heifers. **Acta Agricultur 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 beddingon 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**. R. Rynk. Ithaca, N.Y.: Northeast Regional Agricultural Eng. Service, 1992.

OGEJO, J. A. **Compost dairy barns**. [S.l.]: Virginia Cooperative Extension, Virginia Tech, 2018. VT/0418/442-124 (BSE-228P).

OLIVEIRA, J. M. M. **Ambiência e bem-estar para vacas**

leiteiras de alta produção. Monografia (Bacharel em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, 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**. 2018. 89 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - UDESC, Chapecó. 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.: University of Minnesota, 2000. (Extension Publication # BU-3296-GO).

RUUD, L. E.; B0E, K. E.; OSTERÁS, O. Risk factors for dirty dairy cows in Norwegian freestall systems. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 11, p. 5216-24, 2010.

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, J. N.; SPIERS, D. E.; SNYDER, B. L. The effects of strategically cooling dairy cows on milk production. **J. Animal Sci**., v. 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. p. 49-59. In: BERTOLDI, M. DE; SEQUI, P.; LEMMES B.; PAPI T. (Ed.). **The science of composting**. Part 1. London, UK: Blackie Academic and Professional, 1996.

THOM, E. C. Cooling degree days. **Air Conditioning, Heating and Ventilating**, v. 55, p. 65-69, 1959. USDA. **Dairy 2007**. Part 1: reference of dairy cattle health and management practices in the United States. Fort Collins, CO: USDA-APHIS-VS, CEAH, 2007.

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

WAGNER, P. E. **shelters**. 2002. 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, n. 1, p. 232-242, 2003.

WHITLOCK, L. A.; MARTIN III, J. G. J.; ARMSTRONG, D. V. Large confined dairy herd systems in hotclimates.In:_. **Large dairy herd management**. 3rd ed. Cap. 2-7. [S.l.]: American Dairy Science Association, 2017. 36 *Rabelo Caldato, Caldato, Marcondes,Rotta*