

INSTALAÇÕES PARA BOVINOCULTURA LEITEIRA – *FREE STALL, TIE STALL, LOOSE HOUSING E COMPOST BARN*

FACILITIES FOR DAIRY CATTLE -
FREE STALL, TIE STALL, LOOSE HOUSING AND COMPOST BARN

Rafaella Resende Andrade¹, Cecília de Fátima Souza¹, Fernando da Costa Baêta¹

RESUMO

Uma das grandes preocupações no setor da pecuária de leite, em diversas regiões do mundo, tem sido a de amenizar os efeitos de ambientes inadequados de criação ou impedir que esses possam afligir, principalmente as vacas lactantes. Além disso, o maior desafio da indústria do leite é manter o foco em transformações eficientes que levem a resultados produtivos cada vez mais significativos. Nesse sentido, nos sistemas de confinamento para bovinos de leite, tem sido constante a busca por técnicas mais modernas e economicamente viáveis que proporcionem maior bem-estar e conforto aos animais, ao mesmo tempo em que permitam preservar o meio ambiente. Adicionalmente, os projetos das Unidades de Produção devem ser compatíveis com as diferentes características climáticas, sociais e econômicas de cada região nas quais estejam inseridas. Com base no exposto, considerando que os sistemas de confinamento para bovinos de leite, *Free Stall*, *Tie Stall*, *Loose Housing* e *Compost Barn* visam atender os requisitos mencionados e têm sido bem difundidos na atualidade, o objetivo desta revisão de literatura foi reunir e descrever suas características, com vistas ao correto embasamento para projetos.

Palavras-chave: ambiência, bem-estar animal, bovinos de leite, construções rurais, confinamento.

ABSTRACT

One of the main concerns in the dairy farming sector, in various regions of the world, has been to mitigate the effects of inadequate breeding environment or impede it to affect, especially lactating cows. In addition, the biggest challenge for the milk industry is to maintain the focus on efficient transformations that lead to increasingly significant production results. In this sense, in confinement systems for dairy cattle, there has been a constant search for more modern and economically viable techniques that provide greater well-being and comfort to the animals, while allowing for the preservation of the environment. Additionally, the projects of the production units must be compatible with the different climatic, social and economic characteristics of each region in which they are located. Based on the above, considering that the confinement systems for dairy cattle, *Free Stall*, *Tie Stall*, *Loose Housing* and *Compost Barn* aim to meet the mentioned requirements and have been well disseminated nowadays, the purpose of this literature review was to gather and describe its characteristics, aiming to clear some basics for projects.

Keywords: environment control, animal welfare, dairy cattle, rural buildings, confinement.

¹ Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

✉ Autor para correspondência:
rafaella.andrade@ufv.br

Revista Brasileira de Buiatria
Bem-estar Animal e Terapias Integrativas,
Volume 3, Número 1, 2022

ISSN 2763-955X

DOI:10.4322/2763-955X.2022.X005



Associação Brasileira
de Buiatria



INTRODUÇÃO

O mundo enfrenta o desafio de alimentar uma população humana, que aumenta numa velocidade significativa. A produção de laticínios cada vez mais tecnificada, com mais sensores embarcados nos processos, além de mais vias para se atingir a sustentabilidade, particularmente associada à saúde do solo, qualidade da água e redução de emissões deverá ser a rota comum¹.

No Brasil, a atividade leiteira tem passado por grandes transformações, com elevados registros de produção e consumo. O leite está entre os produtos mais importantes no setor agropecuário brasileiro, inclusive com significativa participação na geração de empregos. Atualmente, o país ocupa a quinta posição entre os maiores produtores mundiais, tendo, somente no ano de 2019, produzido cerca de 34,8 bilhões de litros de leite².

Entretanto, a produtividade no Brasil ainda é baixa comparada aos patamares dos maiores produtores mundiais, uma vez que os bovinos de alta aptidão leiteira são, principalmente, originários de países de clima temperado e quando inseridos em regiões de clima tropical e subtropical, encontram dificuldades para expressar o seu máximo produtivo³.

Dessa forma, para que a bovinocultura de leite brasileira possa elevar os níveis de produção, deverá ter o foco em sistemas de produção que priorizem o máximo conforto animal, de forma a vencer os inúmeros desafios advindos principalmente das condições climáticas do país. Simultaneamente, observa-se a busca por sistemas de criação que proporcionam a redução das emissões, o reaproveitamento de resíduos e a eficiência no retorno do capital investido⁴.

Nas principais regiões produtoras se difundem os sistemas intensivos de criação, nos quais os animais ficam em confinamento durante o período produtivo, recebendo toda espécie de tratamento adequado, prin-

cipalmente no que diz respeito à alimentação (volumoso, feno e ração) em comedouros⁵. Por essa razão, deve-se garantir que sejam abrigados em instalações adequadamente projetadas para mitigar os efeitos de elementos climáticos, proporcionar o bem-estar animal e o acesso imediato à comida e água⁶.

O conhecimento de processos de produção, a criteriosa concepção e o gerenciamento da qualidade durante a execução são fatores que podem resultar em modernas instalações para o confinamento de bovinos de leite, nas quais as vacas possam expressar o seu comportamento natural e, assim, maximizar sua produção⁷. Observa-se que os diferentes sistemas de alojamento têm sido o foco principal de campanhas de bem-estar animal voltadas para as indústrias de alimentos⁸.

Diante do exposto, será abordado neste artigo uma revisão sobre os sistemas de confinamento para bovinos de leite dos tipos *Free Stall*, *Tie Stall*, *Loose Housing* e *Compost Barn*, com vistas ao correto embasamento para projetos.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O crescente investimento na criação de animais com alto potencial genético, tem feito com que projetos de instalações de diferentes tipologias sejam desenvolvidos e construídos, principalmente visando reduzir o estresse animal⁹. Os principais sistemas adotados para o confinamento de vacas em fase de produção, ou mesmo para novilhas, são: o modelo *Tie Stall*, projetado com baias individuais, e os modelos *Loose Housing*, *Free Stall* e *Compost Barn*, denominados de estabulação livre¹⁰. Na planta da Unidade de Produção ou Fazenda Leiteira, de modo geral, todos esses sistemas são montados no interior de galpões, que podem ser fechados, mas abertos, na sua grande maioria. Normalmente têm pé direito alto, na faixa de 4 metros, sendo cobertos com material de cobertura que proporcione o máximo de conforto térmico e, por abrigarem número alto de animais com alta produtividade, em sua maioria, são dotados de



lanternim para ventilação natural e/ou são equipados com sistemas mecânicos de ventilação⁵.

O sistema de estabulação livre refere-se à forma de se confinar os animais em um conjunto de instalações e áreas independentes, que são interligadas entre si, no qual as vacas possuem livre acesso ao comedouro para alimentação, aos bebedouros e à cama de descanso. Esse sistema de alojamento difundiu-se expressivamente nos países onde o fator mão-de-obra afetou fortemente o custo final da produção de leite, sendo recomendado para rebanhos acima de sessenta vacas em lactação¹¹.

Diante dessas opções, no processo de tomada de decisão, sobre qual sistema ou tipo de alojamento a se adotar, o produtor deve considerar vários aspectos balizadores do planejamento do processo produtivo, principalmente o bem-estar animal, a sustentabilidade e o custo-benefício, diante de sua situação específica.

As principais considerações para o planejamento e projeto são: orientação, aspectos do espaço físico disponível para condução do processo produtivo, características construtivas das instalações principais, processos de acondicionamento térmico a serem utilizados, principalmente a ventilação, além de tipos e características das instalações complementares ou de apoio, como as utilizadas para alimentação e oferta de água, e das estruturas para manejo e tratamento de resíduos¹².

Outros fatores igualmente importantes são as condições climáticas locais, a disponibilidade de água e energia, a disponibilidade de mão-de-obra, os custos de construção e formas de manutenção à longo prazo, além de custos de conservação de recursos ambientais e tempos de retorno do investimento¹³.

Cabe destacar que a redução da carga de calor para vacas leiteiras é, na maioria das vezes, uma estratégia necessária e efetiva para o bem-estar animal em climas quentes e em áreas que experimentam altas temperaturas por significativo espaço de tempo; sendo que processos de movimentação do ar (ventilação), de água

(resfriamento evaporativo, nebulização ou aspersão) e a minimização da transferência de energia radiante podem ser necessários para uma dada instalação, devendo ser planejados e calculados na fase de projeto, para serem usados, isoladamente ou em combinação¹⁴.

No que se refere aos animais, também deve-se considerar facilidades de manejo, nível de produtividade, desempenho reprodutivo e saúde geral (lesões de casco e mastite). Além disso, compreender os requisitos espaciais de uma vaca leiteira é crucial ao se projetar uma instalação. As vacas leiteiras passam a maior parte do dia deitadas, descansando. Fornecer-lhes uma área seca e confortável para descanso é essencial para sua saúde, bem-estar e consequente resultado produtivo. As vacas normalmente descansam de dez a catorze horas por dia¹⁵. Também é necessário considerar a raça, visto que é um fator importante ao se calcular as dimensões adequadas das áreas de descanso¹⁶.

Os sistemas de confinamento podem ser combinados com acesso ao ar livre (por exemplo, pasto ou pátio para exercícios), o que aumenta a complexidade e o tamanho da área de alojamento necessária¹⁷. Pode-se afirmar que, dentre os sistemas de estabulação livre, atualmente, o *Free Stall* e o *Compost Barn* são os mais adotados no Brasil. Nestes sistemas, os animais podem ser divididos em lotes por categoria e nível de produção, facilitando o tratamento diferenciado⁵. A sala de ordenha, normalmente automatizada, deve estar conectada à instalação de confinamento, de forma que possam ser realizadas duas ou três ordenhas diárias, em condições higiênicas. Nesses sistemas, o controle sanitário é periódico e a eficiência reprodutiva alta é fundamental para o resultado produtivo.

Tendo o conhecimento das características das principais instalações para a produção intensiva de bovinos de leite, suas vantagens e desvantagens, o produtor terá condições para definir qual modelo se adequará melhor a sua propriedade e à produção desejada. Adicionalmente, é necessário enfatizar que outras instalações, indispensáveis para o processo produtivo são:



estábulo, bezerreiro, baia para touro (quando não se usa inseminação artificial), alguns currais, brete ou tronco para vacinação e pulverização, silos, depósito de ração e compartimento para picadeira de forragem¹⁸.

Ademais, nada do que foi planejado deve ser concretizado sem que se leve em conta as questões ambientais, ou seja, sem que se considere a responsabilidade do produtor, no que se refere à destinação adequada dos resíduos gerados no processo de produção de leite¹⁹.

HISTÓRICO E CARACTERÍSTICAS DAS PRINCIPAIS INSTALAÇÕES PARA O CONFINAMENTO DE BOVINOS DE LEITE

■ *Tie Stall*

Em 1897, foi concedida a primeira patente nos Estados Unidos da América (EUA) para o tipo de instalação *Tie Stall*³. Posteriormente, o sistema *Tie Stall* foi de uso comum para confinamento de bovinos de

leite, até o advento dos rebanhos de porte maior e outras mudanças da indústria de laticínios deste país no século vinte¹³. No Brasil, algumas instalações *Tie Stall* estão presentes nas regiões sul e sudeste do país²³, sendo recomendadas para rebanhos de até sessenta vacas em lactação¹⁸.

No sistema *Tie Stall*, durante a maior parte do tempo, as vacas permanecem contidas em baias ou boxes individuais, lado a lado, presas por meio de uma corrente no pescoço à um trilho (tubo) de amarração afixado na parte superior da baia (Figura 1). A alimentação é oferecida no comedouro e, geralmente, as vacas ficam soltas apenas na hora da ordenha, quando fazem um pouco de exercício⁵.

Como parte do projeto, é importante considerar que a instalação deve permitir fácil acesso dos animais à ração e à água e, além disso, deve ser dotada de canaletas destinadas ao escoamento e remoção de resíduos, que na maioria das vezes se apresenta na forma líquida, ou seja, de água residuária. Tais complementos vêm sendo adaptados ao longo do tempo^{13,16}.

É de vital importância que no projeto da insta-



Figura 1. Detalhes da instalação *Tie Stall* para o confinamento de bovinos de leite (Fonte: GEA²⁰).



lação *Tie Stall*, sejam consideradas as dimensões adequadas das baias e a otimização do fluxo de ar interno, como requisitos para a produção ideal e o conforto das vacas. Outra consideração nas instalações *Tie Stall* é a capacidade das vacas de saltar para a frente naturalmente quando se levantam¹³. Na Tabela 1 estão apresentados alguns dados utilizados como referência para o cálculo das dimensões recomendadas para baias em instalações do tipo *Tie Stall*.

Zurbrigg et al.²² identificaram relações significativas entre o projeto do *Tie Stall* e os aspectos do bem-estar das vacas leiteiras. De acordo com os mesmos autores, as baias com dimensões menores foram associadas ao aumento no número de vacas com membros posteriores sujos e patas traseiras giradas e, além disso, as correntes de amarração curtas foram associadas ao aumento do número de vacas com jarretes inchados e membros posteriores moderadamente sujos.

Uma variedade de tipos de superfícies e materiais de cama podem ser usadas em uma instalação *Tie Stall*, como exemplo a areia, a serragem ou a palha. Qualquer tipo de material de cama pode funcionar, se usado corretamente. O comportamento, a saúde e a produção são respostas das vacas que podem indicar aos produtores o quão confortável as camas deixam as baias¹⁶.

Entre os benefícios desse tipo de instalação, pode-se citar maior possibilidade do manejo individual de cada animal, animais mais limpos, fácil mecanização, manejo prático dos animais, principalmente quando são adotados rebanhos menores²⁴. Em contrapartida, pode apresentar desvantagens no que diz respeito à forma de contenção dos animais, maior grau de estresse dos animais, justamente devido à restrição de acesso a espaços livres, falta de exercícios físicos, problema de cauda quebrada, lesões no pescoço, inchaços e escoriações nos jarretes e claudicação²². Além disso, trata-se de um modelo com elevado custo de construção^{22,24}.

É um modelo de instalação com alto investimento por animal confinado e de pouca eficiência de trabalho como limpeza, distribuição de alimentos e ordenha¹⁰. Cabe ressaltar que a instalação *Tie Stall* vem sendo cada vez menos utilizada devido a preocupações com o bem-estar animal ligadas à restrição do movimento voluntário e limitação da expressão do comportamento natural das vacas¹⁶, provocando a migração para outros tipos de instalação.

■ *Loose Housing*

Outro tipo de instalação para o manejo intensivo de bovinos de leite é o chamado *Loose Housing* (Fi-

Tabela 1. Dimensões de baias do tipo *Tie Stall*, estimadas com relação as dimensões de partes do corpo e cálculos de exemplo para uma vaca holandesa adulta em um estudo de rebanho.

Dimensões	Dimensão da baia com referência à dimensão da parte do corpo	Exemplo de dimensões para uma vaca adulta
Comprimento da cama	1,2 x altura traseira	1,2 x 1,50 = 1,83 m
Altura do trilho de amarração acima dos pés da vaca	0,8 x altura traseira	0,80 x 1,50 = 1,20 m
Largura da baia ^a	2,0 x largura da escápula	2 x 66 = 1,32 m

^aOs produtores estão construindo a maioria dos novos *Tie Stall* mais largos do que a largura mínima. Fonte: Adaptado de House & Anderson²¹.



Figura 2. Vista superior de uma instalação do tipo *Loose Housing* para o confinamento de bovinos de leite (Fonte: Nanavati²⁶).

gura 2). Esta instalação difundiu-se mais nas regiões com clima seco, sendo mais comum na região oeste do Brasil. Este tipo de instalação possui menor nível de detalhamento de projeto, quando comparada a outras instalações para o confinamento de bovinos de leite²³.

A instalação *Loose Housing* é constituída por uma área coberta, contendo bebedouros e comedouros para oferta de volumosos e concentrados, e uma área de repouso coletivo, com aproximadamente 8 a 10 m² disponíveis por cabeça⁵. A área de repouso é construída com piso de terra batida ou concreto, sobre o qual se adiciona uma camada de “cama” que pode ser de palha de trigo, palha de arroz, areia, esterco desidratado, maravalha ou outro material absorvente de fácil aquisição na região onde se localiza a Unidade de Produção. Um dos aspectos do manejo nesse processo de confinamento, consiste em se fazer adições periódicas das camas à medida em que vão ficando emplastradas e umedecidas. Além disso, é necessário que essa instalação contenha uma área de solário, com espaço mínimo de 4,5 m² por cada animal²⁵

Na instalação do tipo *Loose Housing*, os animais confinados ficam em áreas livres cobertas (que são as áreas de alimentação e as de descanso) para se protegerem das intempéries climáticas, sob condição de liber-

dade de movimento⁵. Para conduzir o processo da ordenha as vacas são levadas para áreas ou edificações à parte, específicas para esse fim²³.

Na Figura 3 está apresentada uma planta baixa esquemática de uma instalação do tipo *Loose Housing*.

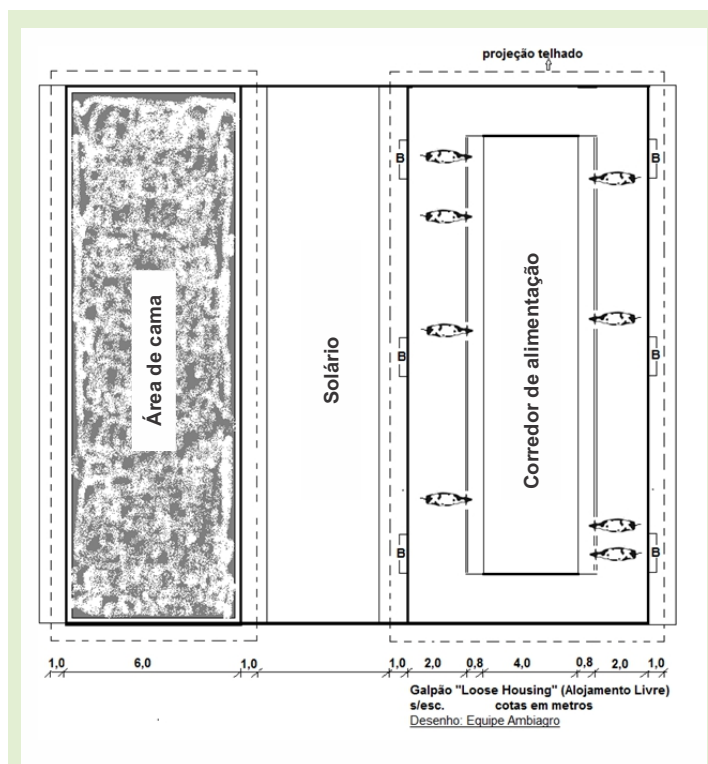


Figura 3. Modelo de planta baixa esquemática de uma instalação do tipo “*Loose Housing*”. (Fonte: Souza et al.⁵).



■ *Free Stall*

O sistema de estabulação, modelo *Free Stall*, surgiu nos EUA, na década de cinquenta, e se tornou popular no Brasil a partir dos anos oitenta²⁴. A instalação *Free Stall* tornou-se muito conhecida nos EUA devido a sua superioridade, em termos de economia de cama e por menos injúria gerada em cascos e tetos das vacas, em relação a instalação *Loose Housing* que era predominante à época²⁴. A introdução e difusão da instalação *Free Stall* causou mudança dramática na pecuária leiteira, pois permitiu o aumento do número de vacas leiteiras nas propriedades, bem como o manejo dos animais, por grupos.

A instalação *Free Stall* é constituída por linhas de baias livres ou boxes (Figura 4), em cujo piso da caixa que forma a área do boxe, são instalados colchões preenchidos com “materiais de cama”, como a borracha, areia ou outros, onde os animais têm a liberdade de se deitarem à medida da necessidade⁵. Pode-se utilizar como material de cama as palhadas, as cascas de grãos ou as raspas de madeira, que devem ser assentadas em camadas, preenchendo a caixa que forma a área de cada

boxe. Esse material de cama deve ser adicionado regularmente para que seja ofertado ao animal um ambiente seco que garanta o conforto adicional¹⁵. As divisórias entre as baias são comumente feitas com tubos galvanizados, podendo-se utilizar também materiais alternativos, como a madeira, dependendo da disponibilidade e custo, o que é menos comum. Nessa instalação, a área de baias é destinada ao descanso dos animais, enquanto o restante é utilizado pelos animais para exercícios e para alimentação⁵.

McFarland¹⁵ recomenda as seguintes dimensões para as baias: em relação ao comprimento, as baias devem ser longas o suficiente para permitir posturas de descanso confortáveis para as vacas e para que as elas possam avançar confortavelmente para a frente ao se levantarem, sendo essa dimensão tipicamente por volta de 2,20 m. Já para a largura, as divisórias entre baias devem ter espaços suficientes para encorajar as vacas a entrar, reclinar, descansar, levantar e sair sem bater nelas abruptamente. A largura típica da baia na instalação do tipo *Free Stall* para gado leiteiro de “estrutura grande” é de 1,20 a 1,50 m. As vacas secas podem exigir largura adicional.

Como partes dessa instalação, ainda há o corre-



Figura 4. Instalação do tipo *Free Stall* localizada no estado de Minas Gerais, Brasil. (A) Camas com a utilização de areia e (B) bovinos se alimentando no comedouro.



dor de dejetos e a ala de alimentação das vacas. O acesso aos silos e fábricas de ração deve ser estratégico, com vistas a facilitar o processo de alimentação dos animais⁵. Também é necessária uma área específica para circulação, na qual normalmente se instalam os bebedouros. Devido a essa circulação constante dos animais, é necessário que se conduza o controle rigoroso da limpeza de dejetos nessa área⁵.

Nas instalações do tipo *Free Stall* as baias são dotadas de dispositivo que permite o livre movimento das vacas em direção ao corredor de dejetos, o qual geralmente fica em área vazada sobre fosso de coleta. O referido dispositivo é um segmento de tubo metálico instalado ao fundo, na altura dos boxes, cujo comprimento total corresponde à soma das larguras de todos os boxes da linha. Ao se movimentar ou se levantar para sair da baia, a vaca encosta o pescoço nesse tubo, o que faz com que ela dê o passo para trás, acessando assim o corredor de dejetos. Há também ao fundo da baia um segmento de tubo instalado na parte baixa da baia, que serve como apoio do peitoral⁵. O corredor de alimentação deve ter o piso de concreto, com frisos no sentido longitudinal; recomenda-se a declividade de 1 a 1,5% para evitar que os animais escorreguem e para facilitar o escoamento de águas e resíduos orgânicos, principalmente se for adotado o sistema de manejo líquido dos dejetos²⁵.

Mais recentemente, as dimensões das baias individuais do *Free Stall* foram padronizadas de acordo com a faixa de peso dos animais¹³, conforme apresentado na Tabela 2.

Com relação ao tipo de material utilizado como cama, quando não adequado, pode ser um problema para o conforto dos animais. Cecchin et al.²⁷, ao analisar o uso de cama de colchão de borracha e de areia no recobrimento da superfície de baias para confinamento tipo *Free Stall*, observaram que a elevação da temperatura média das camas acompanhou o aumento da temperatura do ar ambiente atingindo valores máximos no período da tarde. No que se referiu ao comportamento, foi observado também que os animais evitaram se deitar no período da tarde, e aqueles que já estavam deitados sobre essas superfícies, assim permaneceram, quando a cama era composta de borracha.

Na última década, modernidades no confinamento na bovinocultura de leite estão ganhando espaço no cenário internacional e nacional, por exemplo, com os modelos de instalação *Free Stall* fechadas (Figura 5) que utilizam a tecnologia de ventilação do tipo túnel ou ventilação cruzada, associada aos painéis de resfriamento evaporativos^{9,14}.

Tabela 2. Dimensões recomendadas para as baias individuais do Free Stall, de acordo com a faixa de peso dos animais.

Peso animal (kg)	Comprimento total da baia com frente fechada (m)	Comprimento total da baia com frente aberta (m)	Comprimento até o tubo de apoio do peitoral (m)	Comprimento até o trilho do pescoço (m)	Largura da baia de centro a centro (m)	Altura até o topo da divisória (m)	Altura do trilho do pescoço (m)	Altura do tubo de apoio do peitoral (m)
408-500	2,3-2,4	2,0-2,1	1,6-1,7	1,5-1,6	1,0-1,1	1,0	1,0	0,1-0,2
500-590	2,4-2,6	2,0-2,2	1,6-1,7	1,6-1,7	1,0-1,1	1,1	1,1	0,1-0,2
590-680	2,6-2,7	2,3-2,4	1,7-1,8	1,6-1,7	1,1-1,2	1,2	1,2	0,1-0,2
680-770	2,7-2,9	2,4-2,6	1,7-1,8	1,7-1,8	1,2-1,3	1,3	1,3	0,1-0,2

Fonte: Adaptado de McFarland¹⁵.

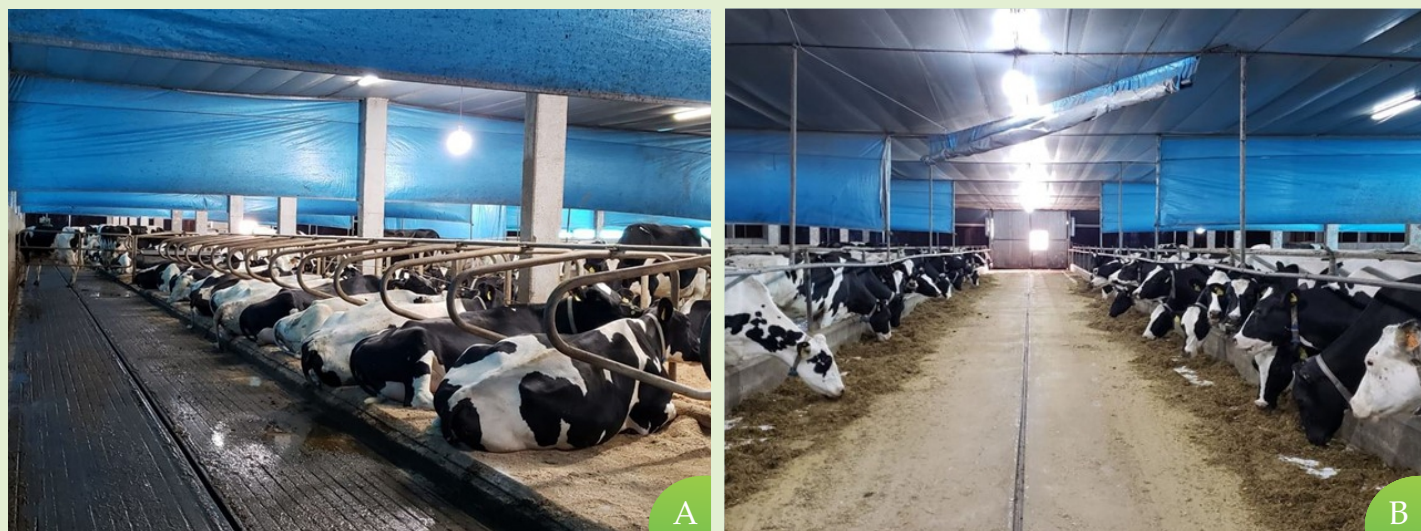


Figura 5. Instalação do tipo *Free Stall* climatizada. (A) Baias (B) e corredor de alimentação central (Fonte: SENAR²⁸).

■ *Compost Barn*

O sistema de alojamento que possibilita aos animais caminharem livremente em seu interior tem sido denominado *freewalk*, e constitui um novo conceito de criação de bovinos de leite⁴. Algumas vezes, pode ser combinado com o acesso ao pasto¹³. A instalação *Compost-Bedded Pack Barn*, comumente denominada de *Compost Barn* é um exemplo de *freewalk*⁴.

A primeira instalação *Compost Barn* reportada pela literatura foi construída por produtores de leite da Virgínia nos anos oitenta¹³. Posteriormente, em 2001, no sul de Minnesota, EUA, produtores dessa região, tiveram a ideia de construir uma instalação diferente, com um novo conceito de sistemas de produção intensiva de leite²³.

Desde então, o sistema tem sido difundido em diversas regiões do mundo, despertando o interesse de vários produtores, especialmente nos EUA, Canadá, Nova Zelândia, Alemanha, Itália, Holanda, Áustria, Dinamarca, Colômbia e Coréia do Sul^{29,30,31}. Recentemente, os sistemas *Compost Barn* passaram a ser difundidos em países da América do Sul, como Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai³².

No Brasil, a primeira instalação *Compost Barn* reportada, foi construída em 2012 no estado de São Paulo¹⁰. O modelo norte-americano, foi adotado buscando um confinamento animal de baixo custo e economicamente viável para os produtores brasileiros, por ser aberto nas laterais. Porém, recentemente, como forma de amenizar as variações do ambiente térmico entre as diferentes estações do ano e facilitar o seu gerenciamento, tem-se observado adesão de produtores brasileiros ao sistema fechado³³.

O projeto pioneiro da instalação *Compost Barn* fechada foi concebido em ventilação por pressão negativa em modo túnel, associado ao sistema de resfriamento evaporativo, e foi construído no estado de Minas Gerais, em 2015, e desde então já vem se difundindo em diversas regiões do país²³. Entretanto, os maiores desafios deste tipo de sistema relacionam-se ao gerenciamento da cama e do sistema de acondicionamento térmico, bem como na promoção de maior isolamento dos fechamentos laterais e coberturas³³.

Cabe destacar a importância de realizar um estudo criterioso sobre o local e clima antes da implantação deste tipo de sistema climatizado¹⁴. Os sistemas que resfriam o ar através do resfriamento evaporativo são mais eficazes em climas quentes e com baixa umi-



dade relativa³².

Na Figura 6 estão apresentadas instalações *Compost Barn* abertas e fechadas localizadas no estado de Minas Gerais, Brasil.

Na Figura 7 está apresentada uma planta baixa esquemática de uma instalação do tipo *Compost Barn*.

A instalação *Compost Barn*, geralmente é projetada de forma a dispor de uma área de cama (área de descanso) onde as vacas circulam livremente, um corredor de alimentação, onde é distribuída a ração e uma pista de trato²⁹. A cama é o elemento de destaque neste sistema, tendo como objetivo receber as dejeções dos animais e incorporá-lo ao material orgânico base formando um composto de aplicabilidade agrícola³⁴. O tempo de retirada da cama depende da finalidade do produto final, porém, deve haver de 15 a 30 cm de material de cama remanescente para ajudar a iniciar a atividade microbiana no novo material orgânico adici-

onado. Uma vez que a cama é removida da instalação, ela pode ser usada como fertilizante para as plantações ou pode ser gerenciada para produzir um composto acabado e depois vendida.

O material da cama mais comumente utilizado na instalação *Compost Barn* é a serragem e a maravalha²⁹. Estes materiais, como fonte de carbono, tem sido claramente satisfatório, sobretudo, em decorrência da combinação de absorvência e forma estrutural³⁵. Alguns outros diferentes tipos de materiais de cama, como a palha de trigo, palha de soja, espigas de milho, casca de café e combinações de materiais também são utilizados^{23,36}. No entanto, devido aos resultados do processo de compostagem a preferência dos produtores tem sido pela serragem³⁶. A cama deve ser revolvida, de duas a três vezes ao dia, para garantir o seu principal diferencial, que é a ocorrência do processo de compostagem aeróbia do substrato^{29,37}.



Figura 6. Detalhes da instalação *Compost Barn*. (A e B) Com as laterais abertas e (C e D) fechadas.

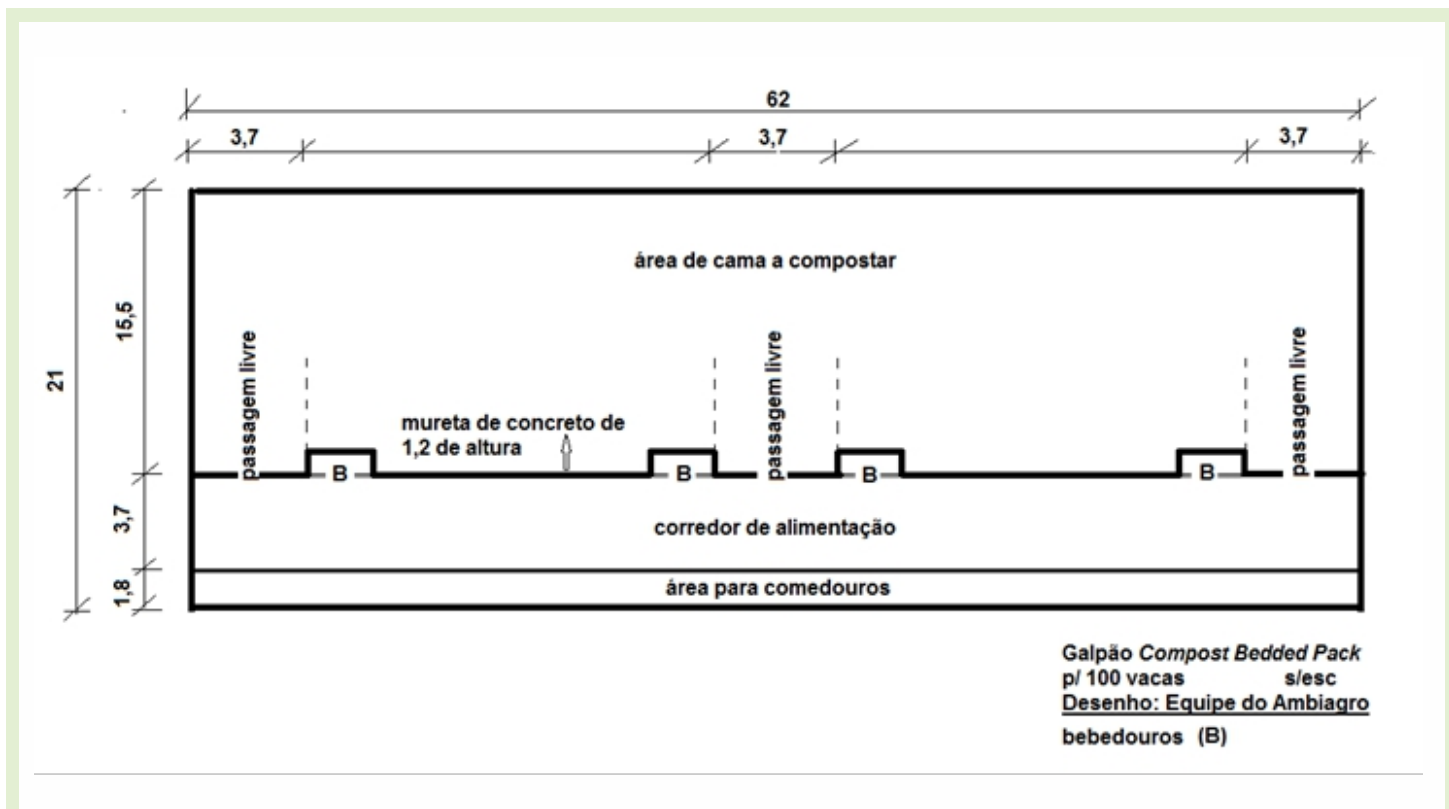


Figura 7. Modelo de planta baixa esquemática de uma instalação do tipo *Compost Barn* (Fonte: Souza et al⁵).

A temperatura e o teor de umidade da cama devem ser rigorosamente acompanhados pelo produtor. As fezes, urina e atividade microbiana influenciam diretamente a umidade da cama, que idealmente deve estar entre 45 e 55%. Uma faixa operacional de teor de umidade, que ainda pode ter atividade significativa, está entre 40 e 60%³⁸. Na camada aerobiamente ativa (15 a 30 cm) a temperatura deve-se situar entre 43 e 65 °C³⁴. Não atingir a produção de calor adequada por meio do processo de compostagem pode resultar em uma diminuição na produção geral de calor; em troca, os produtores experimentaram maiores dificuldades em administrar e manter características de cama adequadas³⁷.

O conceito geral de compostagem é misturar uma fonte de carbono com matéria orgânica rica em nitrogênio nas condições ambientais corretas, neste caso incorporando uma quantidade suficiente de oxigênio em toda a embalagem. Essa mistura inicia os microrganismos para começar a quebrar todos esses

compostos, produzindo dióxido de carbono, água e calor. A principal fonte de carbono é o material de cama: serragem ou maravalha³⁶. A quantidade de carbono necessária para a compostagem depende diretamente da quantidade de nitrogênio presente. A proporção recomendada de carbono para nitrogênio é de 25:1 a 30:1³⁹.

Outro ponto importante na instalação *Compost Barn* relaciona-se a área de cama por animal, considerando que todas as vacas sejam capazes de deitar-se ao mesmo tempo e que haja espaço para que elas possam ir ao comedouro e bebedouro²⁹. De acordo com Caldato et al.⁴⁰, para vacas em lactação a área de cama deve ser 15 m² vaca⁻¹; e para vacas secas, 12 m² vaca⁻¹, uma vez que estes animais consomem menores quantidades de alimento e, conseqüentemente, o volume de fezes e urina é menor. Já, de acordo com Leso et al.³⁷, a sugestão é de 10 e 12 m² vaca⁻¹ para as regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, respectivamente, devido às diferentes condições climáticas.



Os principais motivos que tem despertado o interesse da comunidade científica e dos produtores de leite por este tipo de instalação referem-se ao maior conforto, saúde, longevidade dos animais, manejo dos dejetos e facilidade para completar as tarefas diárias²³.

No entanto, o gerenciamento eficaz da cama deve ser mantido pelos produtores a fim de colher com sucesso os benefícios de uma instalação *Compost Barn*. O fator mais crítico para o gerenciamento bem-sucedido desta instalação é fornecer uma superfície de descanso seca e confortável para os animais o tempo todo³⁷.

ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO FÍSICO EM UMA UNIDADE DE PRODUÇÃO INTENSIVA DE LEITE

A disposição das instalações, ou seja, a organização do espaço físico em uma unidade de produção de leite, deve permitir um bom fluxograma, por meio do qual se conseguirá maior rendimento da mão-de-obra, boa movimentação dos insumos ou produtos finais, bom destino final dos subprodutos e consequentemente, maiores lucros⁵. Conforme exposto anteriormente, só é possível definir a distribuição dos prédios após um detalhado planejamento da produção, escolha acertada do sistema de confinamento e definição do manejo geral a ser empregado. Na Figura 8 está apresentado um exemplo de arranjo proposto para a planta de produção intensiva de leite, de acordo com Coelho⁴¹, que estudou diversas formas de organização/setorização da unidade de produção, utilizando a ferramenta computacional denominada *Systematic Layout Planning* (SLP).

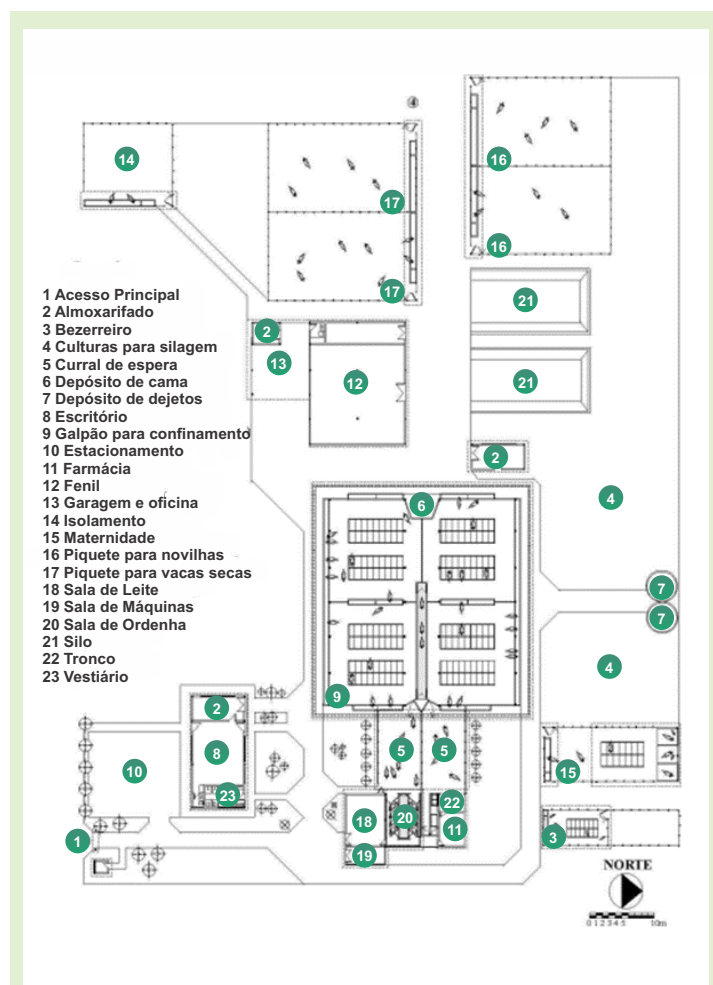


Figura 8. Planejamento de setorização das instalações em sistema intensivo de produção de leite (Fonte: Coelho, 2000).



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de tecnologias inovadoras já faz parte do dia a dia de diversas propriedades leiteiras, entre elas os eficientes sistemas de confinamento dos rebanhos. À medida em que aumenta a importância do bem-estar animal e a sustentabilidade na produção, da mesma forma os consumidores impõem mais pressão sobre a indústria de laticínios. Para que todos esses requisitos sejam atendidos, uma das importantes bases se refere ao planejamento do resultado produtivo, fortemente ligado ao projeto da unidade de produção.

Dessa forma, o planejamento de instalações que priorizem as questões de tipologia, controle efetivo das condições climáticas no seu interior, densidade animal, manejo e qualidade do material de cama, redução do escore de higiene e claudicação, redução da mão-de-obra, dentre outros, determinam o sucesso do sistema intensivo de confinamento.

REFERÊNCIAS

- BRITT, J.H. et al. Invited review: learning from the future - A vision for dairy farms and cows in 2067. *Journal of Dairy Science*, v.101, n.5, p.3722-3741, 2018.
- EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Anuário Leite 2021: Saúde Única e Total. 1ªed. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2021. 102p.
- RICCI, G.D. et al. Estresse calórico e suas interferências no ciclo de produção de vacas de leite: revisão. *Veterinária e Zootecnia*, v.20, n.3, p.9-18, 2013.
- GALAMA, P.J. et al. Symposium review: future of housing for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. v.103, n.6, p.5759-5772, 2020.
- SOUZA, C.F. et al. Unidades para produção animal - UPAs. Planejamento e Projeto. 1ªed. Viçosa: Editora UFV, 2021. 125p.
- COOK, N.B.; NORDLUND, K.V. The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics. *The Veterinary Journal*, v.179, n.3, p.360-369, 2009.
- BROUCEK, J. et al. Dairy cows produce less milk and modify their behaviour during the transition between tie-stall to free-stall. *Animals*, v.7, n.3, p.16, 2017.
- ROBBINS, J.A. et al. Factors influencing public support for dairy tie stall housing in the US. *PloS one*, v.14, n.5, p.e0216544, 2019.
- GARCIA, P.R. Galpão *freestall* com sistema de resfriamento evaporativo e ventilação cruzada: desempenho térmico, zootécnico e o nível de bem-estar animal. 2017. 149f. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo.
- MOTA, V.C. et al. Confinamento para bovinos leiteiros: histórico e características. *Pubvet*, v.11, n.5, p.424-537, 2017.
- CAMPOS, A.T. Sistema de baias livres. EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <https://www.agenc->



ia.cnptia.embra-pa.br/>.

12. BUFFINGTON, D.E. et al. Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot, humid climates. *Transactions of the ASAE*, v.26, n.6, p.1798-1802, 1983.

13. BEWLEY, J.M. et al. 100-Year review: lactating dairy cattle housing management. *Journal of Dairy Science*, v.100, n.12, p.10418-10431, 2017.

14. SMITH, T.R. et al. Evaporative tunnel cooling of dairy cows in the southeast. II: Impact on lactation performance. *Journal of Dairy Science*, v.89, n.10, p.3915-3923, 2006.

15. MCFARLAND, D.F. Steps to improving existing free stalls. In: Proceedings of 9th Annual Spring Clinic Pennsylvania Veterinary Medical Association. State College, 2008. p.1-6.

16. MORABITO, E.; BEWLEY, J. Tie-stall facilities: design, dimensions, and cow comfort. *Kentucky Cooperative Extension*. Disponível em: <<https://afs.ca.uky.edu/dairy/tie-stall-facilities-design-dimensions-and-cow-comfort>>.

17. SHEPLEY, E. et al. Cow in motion: a review of the impact of housing systems on movement opportunity of dairy cows and implications on locomotor activity. *Applied Animal Behaviour Science*, v.230, p.105026, 2020.

18. CAMPOS, A. T. Sistema Convencional. EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_269_217200-392410.html>.

19. SILVA, G.R.O. et al. Profitability analysis of compost barn and free stall milk-production systems: a comparison. *Semina: Ciências Agrárias*, v.40, n.3, p.1165-1184, 2019.

20. GEA. Sistema de Limpeza para Estábulo de Amarrar. Disponível em: <<https://www.gea.com/pt/products/milking-farming-barn/promanure-manure-handling/manure-handling-cleaner/barn-cleaner-system-for-tie-stall-barn.jsp>>.

21. HOUSE, H.K.; ANDERSON, N.G. Maximizing comfort in tiestall housing. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, v.35, n.1, p.77-91, 2019.

22. ZURBRIGG, K. et al. Tie-stall design and its relationship to lameness, injury, and cleanliness on 317 Ontario dairy farms. *Journal of Dairy Science*, v.88, n.9, p.3201-3210, 2005.

23. DAMASCENO, F.A. *Compost Barn* como Alternativa para a Pecuária Leiteira. 1ªed. Divinópolis: Adalante, 2020. 396p.

24. ARAÚJO, A.P. Estudo comparativo de diferentes sistemas de instalações para produção de leite tipo B, com ênfase nos índices de conforto térmico e na caracterização econômica. 2001. 94f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, São Paulo.

25. CAMPOS, A.T. et al. Construções para gado de leite: Instalações para Novilhas, 2006. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/artigos/zootecnia/constleite/index.htm>>. Acessado em: 30/11/2021.

26. NANAVATI, S. Loose housing system and modern dairy farm. Department of Livestock Production Management. Disponível em:



<<http://www.ndvsu.org/images/StudyMaterials/LPM/Loose-housing-System.pdf>>.

27. CECCHIN, D. et al. Avaliação de diferentes materiais para recobrimento de camas em baias de galpão modelo *free-stall*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.1, p.109-115, 2014.

28. SENAR Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Especial Região Sul, Leitaria Tirolésa: onde história e tecnologia formam uma receita de sucesso, 2017. Disponível em: <<http://www2.senar.com.br/Noticias/Detalhe/12693>>.

29. JANNI, K.A. et al. Compost dairy barn layout and management recommendations. *Applied engineering in agriculture*, v.23, n.1, p.97-102, 2007.

30. LESO, L. et al. A survey of Italian compost dairy barns. *Journal of Agricultural Engineering*, v.44, n.3, p.e17, 2013.

31. FÁVERO, S. et al. Factors associated with mastitis epidemiologic indexes, animal hygiene, and bulk milk bacterial concentrations in dairy herds housed on compost bedding. *Livestock Science*, v.181, p.220-230, 2015.

32. ANDRADE, R.R. Ambiência e bem-estar animal na produção intensiva de leite em sistemas *Compost Barn* fechados para a tipologia construtiva e clima do Brasil. 2021. 158f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

33. ANDRADE, R.R. et al. Spatial distribution of bed variables, animal welfare indicators, and milk production in a closed compost-bedded pack barn with a negative tunnel ventilation system. *Journal of Thermal Biology*, v.23, p.103111, 2021.

34. BLACK, R.A. et al. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. *Journal of Dairy Science*, v.96, n.12, p. 8060-8074, 2013.

35. PETZEN, J. et al. Case study: eagleview compost dairy barn. *Cornell Cooperative Extension of Wyoming County*, p.1-11, 2009.

36. SHANE, E.M. et al. Alternative bedding materials for compost bedded pack barns in Minnesota: a descriptive study. *Applied Engineering in Agriculture*, v.26, n.3, p.465-473, 2010.

37. LESO, L. et al. Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.103, n.2, p.1072-1099, 2020.

38. BEWLEY, J.M. et al. Guidelines for Managing Compost Bedded-Pack Barns. *The Dairy Practices Council*, 2013.

39. RYNK, R. et al. On-Farm Composting Handbook. 1ªed. Ithaca; Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 1992. 186p.

40. CALDATO, E.M.R. et al. Manual Técnico de Construção e Manejo de Compost Barn para Vacas Leiteiras. 1ªed. Viçosa: Editora UFV, 2020. 35p.

41. COELHO, E. Metodologia para análise e projeto de sistema intensivo de produção de leite em confinamento tipo baias livres. 2000. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais