

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

RENAN JESSE RIBEIRO

USO DE PROBIÓTICO EM CAMAS DE COMPOSTAGEM E DE FREE STALL
DE VACAS LEITEIRAS: CARACTERÍSTICAS E COMPOSIÇÃO DA CAMA

PONTA GROSSA
2023

RENAN JESSE RIBEIRO

USO DE PROBIÓTICO EM CAMAS DE COMPOSTAGEM E DE FREE STALL
DE VACAS LEITEIRAS: CARACTERÍSTICAS E COMPOSIÇÃO DA CAMA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para a
obtenção do título de Bacharelado em Zootecnia na
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Área de
Ciências Agrárias e Tecnologia.

Orientador (a): Prof^ª Dr^ª Adriana de Souza Martins

PONTA GROSSA
2023

Dedico aos meus pais, Daniel e Consuela e à minha namorada Alane Duarte.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por me dar saúde e proteção e sempre cuidar da minha vida, possibilitando a realização de mais um sonho.

Ao meu pai Daniel Ribeiro, por sempre ter me direcionado ao melhor caminho, me fazer ser uma pessoa melhor sempre, por me apoiar e sustentar todo esse tempo. Saiba que você é minha inspiração de vida e tenho extremo orgulho da pessoa a qual você é.

À minha mãe Consuela Costa e minha madrasta Patrícia Ribeiro, por sempre me apoiarem e orgulharem-se das minhas conquistas.

As minhas irmãs Glaucia Ribeiro, Danielly Ribeiro e Brenda Costa por todo incentivo; também à toda minha família, tios (as) e primos (as), que me auxiliaram de alguma forma durante toda essa caminhada.

Em especial, a minha namorada Alane Duarte, que fez eu prestar vestibular mesmo sem minha vontade, ajudou-me em tudo, no decorrer dos anos. Sempre esteve ao meu todo o tempo e sem dúvidas, sempre confiou em mim e mostrou que eu era capaz. Obrigado meu amor, tem minha gratidão para sempre.

Aos meus cunhados Rian e Bruno e cunhadas Rayssa e Luana. Ao meu sogro Geraldo e sogra Silvana; vocês sempre me apoiaram quando precisei.

À Prof^a Adriana de Souza Martins, por todos os ensinamentos e oportunidades que me foi dada, pela orientação deste trabalho, pelas conversas e “puxões de orelha”, auxiliando nesta jornada.

As minhas amigas Rubia Fernanda e Eduarda Carneiro, por toda a parceria durante este trabalho, juntos realizamos um excelente trabalho, obrigado por todo auxílio, conhecimento adquiridos e pela amizade.

Aos técnicos dos laboratórios Mariane, Antônio e Valquíria que nos auxiliaram a realizar todas as análises e ao Prof^o Adriel, por disponibilizar o Laboratório de Nutrição de Plantas.

Ao pessoal da Frísia – Caio, Fabiano, Tanaane e ao Rildo, que foram parceiros do projeto.

Um agradecimento aos meus grandes amigos que conheci durante essa trajetória: Angelo Soltes, Lucas Hass, Lemuel Morais, Guilherme Jasluk e Vitor Kosloski. Obrigado pelas conversas, risadas, festas, estudos e ensinamentos compartilhados. Vocês fizeram essa jornada ser mais fácil e mais divertida.

A todos meus amigos de sala e amigos do curso de zootecnia que contribuíram de alguma forma para que eu chegasse até aqui.

Meu agradecimento especial a todos que de alguma maneira, participaram da minha jornada acadêmica, na elaboração e execução deste trabalho.

Obrigado a todos!

RESUMO

A produção de leite tem grande impacto na economia do país e, com isso, há uma busca intensa por tecnologias visando aumento da produtividade. O confinamento de vacas leiteiras é bastante utilizado quando se deseja intensificar a produção com animais com alto padrão genético. Os sistemas de confinamento que utilizam camas de compostagem (*Compost barn*) ou *Free stall*, podem causar prejuízos devido à alta umidade da cama e presença de microrganismos causadores de mastite. Estes fatores, comprometem a qualidade e a quantidade de leite produzido. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de um probiótico na composição de camas provenientes de sistemas de criação de vacas leiteiras em *Compost barn* e *Free stall*. Foram analisadas camas sem (SP) e com o uso do probiótico (CP) em quatro propriedades leiteiras, durante 6 semanas. O probiótico foi diluído em água e melaço e aplicado três vezes por semana sob a superfície das camas. Foi mensurada a temperatura da cama, a umidade relativa do ar e coletadas amostras para análises laboratoriais (pH e teores de umidade, carbono e nitrogênio). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos e medidas repetidas no tempo, 3 vezes na semana. O uso do probiótico, não alterou os atributos temperatura, umidade, pH, teores de carbono e nitrogênio e na relação C/N das camas. Não foi observado o efeito negativo do uso do probiótico.

Palavras-chave: *Compost barn*, *Free stall*, matéria seca, probiótico, vacas em lactação.

ABSTRACT

Milk production has a great impact on the country's economy and, with this, there is an intense search for technologies aimed at increasing productivity. The confinement of dairy cows is widely used when it is desired to intensify production with animals with a high genetic standard. Confinement systems that use compost barn or free stall can cause damage due to the high humidity of the bed and the presence of mastitis-causing microorganisms. These factors compromise the quality and quantity of milk produced. The objective of this work was to evaluate the effect of a probiotic on the composition of beds from dairy cow rearing systems in Compost barn and Free stall. Beds without (SP) and with the use of probiotic (CP) in four dairy farms for 6 weeks were analyzed. The probiotic was diluted in water and molasses, and applied three times a week under the surface of the beds. Bed temperature, relative humidity were measured and samples were collected for laboratory analysis (pH and moisture, carbon and nitrogen contents). The experimental design used was completely randomized, with two treatments and repeated measures in time, 3 times a week. The use of the probiotic did not alter the attributes temperature, humidity, pH, carbon and nitrogen contents and the C/N ratio of the beds. The negative effect of probiotic use was not observed.

Keywords: Compost barn, dry matter, Free stall, lactating cows, probiotic.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise de variância (ANOVA) da temperatura da cama e do teor de umidade da cama de compostagem tratada ou não tratada com o probiótico.....	22
Tabela 2. Valores médios da temperatura da cama de compostagem e do teor de umidade da cama em função do tratamento ou não com probiótico EMI na cama de compostagem de vacas leiteiras.....	23
Tabela 3. Médias das variáveis de pH, carbono total (C total), nitrogênio total (N total) e relação Carbono e Nitrogênio (C/N).....	24
Tabela 4. Médias das variáveis de pH, carbono total (C total), nitrogênio total (N total) e relação Carbono nitrogênio (C/N) em função do período de aplicação.....	25

LISTA DE ABREVIATURAS

ASA - Amostra seca ao ar
C - Carbono
C/N- Relação carbono nitrogênio
CB - *Compost Barn*
CCCP - Cama de compostagem com a adição do probiótico
CCS - Cama de compostagem sem a adição do probiótico
CCS - Contagem de células somáticas
Cfb - Clima temperado, com verão ameno
CFe - Fator de correção
cm - Centímetros
CP - Com adição do probiótico
CV - Coeficiente de variação
EM1 - Nome comercial do probiótico
Fc - Fator de correção da solução
FS - *Free Stall*
g/kg - Gramas por quilograma
IBGE - Instituto brasileiro de geografia e estatística
kg - Quilograma
L - Litros
m - Metros
m² - Metro quadrado
ml - Mililitros
mm - Milímetros
MS- Matéria seca
N - Nitrogênio
P - Peso da amostra
pH - Potencial hidrogeniônico
PR - Estado do Paraná
SP - Sem adição do probiótico
UEPG – Universidade Estadual de Ponta Grossa
UR - Umidade relativa do ar

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Sistemas de produção	10
1.1.1 Sistema de criação Free Stall.....	11
1.1.2 Sistema de criação Compost barn	11
1.2 Relação C/N	12
1.3 Demais impactos.....	13
2. MATERIAL E MÉTODOS	14
2.1 Descrição dos sistemas de criação	14
2.1.1 Sistema de criação em <i>Compost barn</i>	14
2.1.2 Sistema de criação <i>Free Stall</i> :	15
2.2 Descrição do produto e forma de aplicação.....	15
2.3 Análises Laboratoriais	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4. CONCLUSÕES.....	26
5. REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção de leite vem aumentando nas últimas décadas, sendo a região Sul a maior produtora de leite do país, com 34,7% da produção nacional. Grande parte das propriedades leiteiras apresentam mão de obra familiar, cerca de 955 mil são classificadas como agricultura familiar, possuindo rebanhos de pequeno a médio porte (RADAVELLI, 2018).

O Estado do Paraná é o segundo colocado em quantidade de leite produzido, sendo responsável por 14,0% da produção total do país, com uma produção de cerca de 3,507 bilhões de litros (IBGE, 2021). Grande parte desta produção vem da região dos Campos Gerais, onde estão localizados os municípios de Castro e Carambeí, que possuem produção de 381,7 e 227,8 milhões de litros, respectivamente (IBGE, 2021). Grande parte dessa alta produtividade é devido a adoção de tecnologias, melhoramento genético, ambiência e bem-estar das instalações. Além do emprego de mão de obra especializada e consultoria técnica que contribuem para o bom desempenho da atividade leiteira (ROCHA *et al.*, 2020).

Devido a esse crescimento significativo da produção nos últimos anos, a pecuária leiteira vem aumentando os investimentos em tecnificação dos sistemas de ordenha, melhoramento genético, nutrição, melhora da ambiência e instalações das vacas. A modernização da atividade tem exigido constante atualização e flexibilidade dos produtores de leite, para aumentarem a produtividade e com baixo custo (Damasceno, 2020).

1.1 Sistemas de produção

No Brasil, os sistemas de produção na bovinocultura de leite podem ser classificados como extensivo, semi-intensivo ou intensivo. O sistema extensivo é caracterizado pela utilização de pastagens nativas como fonte única de alimento à produção animal, sendo estas pastagens com alta deficiência de nutrientes e caracterizando ciclos longos de exploração (CEZAR *et al.*, 2005). O sistema semi-intensivo é desenvolvido em propriedades mais especializadas, onde a alimentação dos animais deixa de ser somente a pasto, sendo suplementadas com minerais e concentrados, além de volumosos conservados (OLIVEIRA, 2008). O mesmo autor ressaltou que este tipo de sistema permite maiores avanços tecnológicos, uso da terra mais consciente e ciclos de produção mais rápido que os outros sistemas.

O sistema intensivo é o que demonstra melhores resultados econômicos e basicamente diferencia-se dos demais pelo alto nível tecnológico e muitas vezes pelo confinamento de animais para maior obtenção de lucros e aproveitamento de terras.

Buscando uma maior eficiência produtiva, tanto no rebanho como aumento da produtividade, os sistemas se intensificam cada vez mais, principalmente na atividade leiteira, onde,

se adota o uso de confinamentos (*Free stall* e *Compost barn*) para se ter um melhor aproveitamento de áreas, principalmente em locais onde o valor da terra é alto. Além disso, os sistemas de criação de animais em confinamento melhoram o aproveitamento da energia do animal, visto que as vacas se movimentam menos e destinam mais energia para produção de leite.

Dessa maneira, a adoção de sistemas de confinamento proporciona aumento da produção de leite e da produtividade das vacas. Além disso, o confinamento proporciona maior controle das variáveis climáticas em seu interior, otimizam o aproveitamento dos resíduos e aumentam a eficiência dos recursos financeiros investidos (GALAMA et al., 2020).

Atualmente, os sistemas de confinamento mais comuns são os *Free stall* e *Compost barn*.

1.1.1 Sistema de criação *Free Stall*

O sistema *Free stall* surgiu nos Estados Unidos, na década de 50, e difundiu-se rapidamente devido aos seus melhores resultados em relação aos sistemas da época. Apesar do seu alto custo de implantação, obteve-se bons resultados e demonstrou viabilidade econômica. É caracterizado por manter os animais em baias individuais uma ao lado da outra, com dimensionamento adequado conforme a raça e tamanho do animal. Geralmente, as divisórias são confeccionadas em tubos em ferro galvanizado e o material da cama composto por serragem, areia, colchões de borracha, ou algum outro material alternativo que seja amplamente disponível na região. A frente das baias, há uma barra limitadora que evita que o animal defeque e urine na cama (CAMPOS, KLOSOWSKI; TORRES DE CAMPOS, 2006). Desse modo, a traseira do animal fica posicionada junto a mureta, fazendo com que as fezes e urina caiam no corredor da instalação, auxiliando na higiene da cama.

Devido ao piso de concreto e às muretas da cama, o sistema *Free stall* pode causar maior prevalência de lesões e escoriações nos cascos, jarretes e outras regiões do corpo dos animais, resultando em problemas de locomoção e maior claudicação. O material da cama é muito importante, pois, irá auxiliar na redução do impacto, quando o animal se deita e se levanta. Materiais como serragem e areia absorvem melhor o impacto e trazem maior conforto e menor índice de lesões, auxiliando assim, na saúde e longevidade dos animais no rebanho.

1.1.2 Sistema de criação *Compost barn*

O sistema *Compost barn* é um sistema de confinamento *Loose housing* alternativo, ou seja, de estabulação livre (ECKELKAMP et al., 2016), desenvolvido nos EUA, na década de 80, mas, somente no ano de 2001 foi implementado com sucesso. Porém, no Brasil este sistema é recente, pois surgiu em meados de 2011. O *Compost Barn* é caracterizado basicamente por uma grande área de cama comum (área de descanso coletivo), normalmente revestida com uma cama de serragem com profundidade de 30 a 50 cm, com aparas de madeira e esterco, e seu princípio de

funcionamento é a compostagem dos dejetos, proporcionando um ambiente confortável e seco as vacas.

Dentre os motivos que vêm incentivando a adoção desse sistema, estão a melhor ambiência e a obtenção de índices de conforto térmico adequados, como ambientes sombreados, com ventilação, camas limpas e secas, que auxiliam no aumento na produção de leite, diminuição nos valores de contagem de células somáticas (CCS), assim como no intervalo entre partos e dias em aberto. Estas características contribuem com o aumento da detecção de cio, menor odor e incidência de moscas, melhores condições de trabalho aos produtores. Adicionalmente tem-se a redução do acúmulo e descarte de dejetos da produção, que resultam em custos de mão-de-obra e armazenamento.

É importante ressaltar que, para ser eficiente, este sistema depende do manejo da cama, realizando o revolvimento da cama pelo menos duas vezes ao dia, normalmente nos horários de ordenha. Quando a compostagem é realizada corretamente, ocorre o aumento da temperatura da cama, com redução da umidade e melhoria do processo de compostagem. Este ocorre através da ação de micro-organismos aeróbicos, que agem sobre as fezes e urina.

Por outro lado, como desvantagens, há relatos de que o sistema apresenta alto investimento inicial, dificuldade de encontrar a cama (quantidade e qualidade) e carência de informações sobre seu manejo (DAMASCENO, 2020). Outros pontos que devem ser considerados, são a escolha do local da instalação, para se conseguir uma boa ventilação natural, drenagem da água em períodos de chuva, observação do deslocamento do sol, e também, é necessário evitar a superlotação do local.

No sistema de *Compost barn*, o processo de decomposição/degradação microbiológica não é completo, uma vez que o fluxo de matéria orgânica (urina, fezes e material novo da cama) não permite que o material finalize sua maturação (DAMASCENO, 2020). Assim, deve-se atentar às condições da cama, como verificar temperatura (cama e ambiente) e seu devido teor de umidade. Quando manejo adequado da cama não é realizado, tanto de revolvimento, quanto de monitoramento, pode resultar em condições indesejáveis da cama, como aumento da umidade e menor ação dos microrganismos decompositores, conseqüentemente, ocasionando em vacas sujas e elevação da incidência de mastite clínica e contagem de células somáticas.

1.2 Relação C/N

É uma relação tem um papel fundamental na manutenção e certa funcionalidade da compostagem, onde é necessário realizar a reposição constantemente, para manter uma umidade adequada e possuir fonte suficiente de carbono aos micro-organismos. Essa necessidade de reposição pode ser verificada de forma simples, pelo próprio produtor ou operador que faz o revolvimento diário, através do monitoramento da temperatura da cama. Quanto maior a atividade

microbiana, mais eficiente é a compostagem, e maior é a produção de calor, com temperatura ideal entre 54 a 65° C (JANNI et al., 2007). No entanto, temperaturas entre 45 a 60 ° C, mantém o processo de compostagem, assegurando a qualidade da cama (DAMASCENO 2012, RADAVELLI et al., 2018).

Os microrganismos que realizam a decomposição da matéria orgânica absorvem carbono (C) como fonte de energia e nitrogênio (N) como fonte proteica, sendo que o tempo necessário para que ocorra a decomposição e a consequente mineralização, é governado pela relação entre C/N do material da cama (OLIVEIRA et al., 2008; SILVA et al., 2021).

Segundo Bewley et al. (2012), relações de C/N entre de 25:1 a 30:1 são ideais para que a compostagem ocorra, sendo que em relações inferiores a 20:1, o carbono disponível é totalmente utilizado sem estabilizar todo o nitrogênio (SCHOGOR et al., 2018).

1.3 Demais impactos

Dessa maneira, em ambos os sistemas, caso a qualidade da cama não for satisfatória trará péssimas consequências à produção de leite, impactando diretamente na qualidade do leite, na saúde e sanidade dos animais, bem como, aumento dos custos de produção e diminuição da receita, devido altos gastos com medicamentos, veterinário, descarte de leite, etc.

Além disso, o aumento no custo da aquisição de materiais que fazem a reposição das camas e a escassez destes, principalmente a serragem, estão levando os produtores a buscar alternativas para tentar manter a qualidade da cama ideal e a sua umidade controlada. Outro ponto, é o manejo incorreto da cama, o que resulta na ineficiência do processo de compostagem, pela falta de oxigenação, e que pode ser verificado pelo excesso de umidade da cama (teores acima de 60%) e temperaturas baixas (menores que 40° C); estes fatores favorecem a maior proliferação de microrganismos patogênicos, assim como a aderência das partículas de cama no corpo dos animais, o que pode levar na maior ocorrência de mastite no rebanho (BLACK et al., 2013).

Devido a isso, empresas e cooperativas do ramo pecuário, estão se empenhando em desenvolver e buscar produtos, que venham auxiliar estes produtores, para melhorar a qualidade das camas, melhorar o processo de compostagem e economizar com a reposição das mesmas. O produto a ser testado foi o EM1™, que é um probiótico natural versátil, à base de micro-organismos benéficos e altamente eficientes (ORGANIKA). Estes não são nocivos, nem patogênicos, nem geneticamente modificados e nem quimicamente sintetizados. São micro-organismos probióticos naturais conhecidos, como as leveduras e as bactérias ácido-láticas (*Lactobacillus*), que promovem um processo de fermentação antioxidante benéfica, acelera a decomposição da matéria orgânica e promovem o equilíbrio da flora microbiana, pois “colonizam” o ambiente com micro-organismos conhecidos e benéficos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito no uso do probiótico EM1™, nas características e na composição de camas provenientes de sistemas de criação de vacas leiteiras: *Compost barn* e *Free stall*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido em uma parceria da Cooperativa Agroindustrial Frísia com a Universidade Estadual de Ponta Grossa-PR, com o propósito de testar a eficácia do produto composto por probióticos, em camas de compostagem de vacas mantidas em sistema de confinamento (*Compost barn* e *Free-Stall*). A duração do experimento foi de 13/09/2022 a 21/10/2022, compreendendo seis semanas. O produto foi testado em quatro propriedades leiteiras, localizadas no município de Carambeí/PR, município que se localiza na região centro-leste do Estado do Paraná. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, com médias de temperatura entre 16 e 20° C no ano, com verões brandos e invernos rigorosos, com precipitação anual pouco superior a 1.400 mm e chuvas bem distribuídas durante o ano (CRUZ, 2007).

Durante o experimento, obteve-se valores médios de 17,15° C para temperatura, com mínima registrada de 13°C e máxima de 22° C. A umidade relativa do ar (UR) média foi de 80,3%, variando de 51% (1 registro) a 100% (1 registro).

Analisou-se o efeito do probiótico na cama de compostagem nas quatro propriedades leiteiras: três em sistema de *Compost barn* e uma em sistema *Free stall*. Os tratamentos foram os seguintes:

- 1) CCSP: Cama de compostagem sem a adição do probiótico (controle);
- 2) CCCP: Cama de compostagem com a adição do probiótico;

2.1 Descrição dos sistemas de criação

2.1.1 Sistema de criação em *Compost barn*

As três propriedades com sistema de criação em *Compost barn* localizam-se no município de Carambeí-PR. A Propriedade 1, pertencente à Bauke van Westering, apresentou 72 vacas em lactação, das raças Holandesa, Jersey e mestiças. As vacas foram alojadas em uma densidade animal de 15 m²/vaca. Nesta propriedade, não havia ventiladores na instalação e o manejo de aeração da cama era realizado duas vezes por dia, de manhã e à tarde, utilizando-se um escarificador. O material da cama era serragem.

A propriedade 2, do produtor Dirk Marinus van Vliet, contou com 141 vacas em lactação, da raça Holandesa, alojadas sob densidade animal de 14 m²/vaca. A instalação dispunha de

ventiladores e a aeração da cama era realizada duas vezes ao dia com um escarificador. O material da cama era serragem.

A terceira propriedade, de Daniel Dolizete Ribeiro, apresentou 30 vacas em lactação, sendo animais das raças Jersey, Holandesa e mestiças, mantidas sob densidade de 13 m²/vaca. Nesta última, o manejo de aeração da cama era realizado duas vezes ao dia, de manhã e à tarde, com enxada rotativa. A instalação não apresentava ventiladores, com beiral apenas nas laterais. O material da cama era serragem.

Nas três propriedades a reposição da cama foi realizada quando esta encontrava-se muito úmida (acima de 60%) e de acordo com a disponibilidade de serragem. A frequência na troca total das camas era quando subia muito o nível das camas sob as muretas laterais, com cerca de 2-3 anos de utilização.

2.1.2 Sistema de criação Free Stall:

A propriedade 4 pertencente ao produtor Dalvan Floriano Félix Ribeiro, apresenta 25 vacas em lactação, da raça Jersey. As dimensões da instalação são as seguintes: 10 m de largura por 15 m de comprimento, contendo 25 camas, com 1,5 m de comprimento e 1 m de largura, e profundidade de 15 cm. O material utilizado na cama foi a serragem e seu manejo era realizado diariamente, com a reposição de serragem e limpeza diária por meio da retirada de dejetos. A instalação dispunha de ventiladores.

2.2 Descrição do produto e forma de aplicação

O produto comercial utilizado foi o EM1™ composto de probióticos (leveduras e bactérias ácido-láticas (*Lactobacillus*), na forma de pó, contendo melão de cana de açúcar como substrato para os microrganismos. Para a utilização na cama, o produto foi diluído em água na seguinte proporção: 5 kg do produto, 5 kg de melão e 90 litros de água. Após o preparo, ficou armazenado em uma bombona de 200L, o produto foi fermentado durante 7 dias antes da aplicação, para a ativação dos microrganismos com o melão de cana. Após este período o produto foi aplicado na proporção de 1 litro para cada 300m² de cama de compostagem. Para a aplicação, o produto foi diluído na proporção de 19 litros de água: 1 litro do probiótico EM1™, conforme recomendação do fabricante.

A aplicação do probiótico nas camas foi realizada por meio de um pulverizador costal, na superfície da cama (Figura 1).

Figura 1: Aplicação do produto via bomba costal na superfície da cama de compostagem.



Fonte: O autor.

Nas propriedades com sistema de criação de *Compost barn*, cada instalação foi dividida em duas áreas da mesma dimensão: em uma área foi aplicado o produto e na outra área, sem a aplicação. As duas áreas da instalação (tratada e não tratada) foram identificadas por meio de um *spray* colorido, aplicado na parte de concreto da instalação. Desta forma, não houve uma divisão física das áreas tratadas ou não com o probiótico e, portanto, as vacas transitaram livremente dentro da instalação, na parte tratada e não tratada, durante a condução do experimento (Figura 2).

Figura 2: Delimitação das áreas com spray verde. (S) área onde não aplicava o produto (controle). (C) área a qual era aplicado o produto.



Fonte: O autor.

Na propriedade com sistema *Free-Stall*, o produto foi mais diluído (200 ml do produto em 1,8 litros de água), seguindo a recomendação do fabricante, uma vez que a quantidade de dejetos na cama do *Free stall* é menor em relação ao sistema *Compost barn*. A quantidade de probiótico aplicada foi proporcional à área de aplicação das camas no *Free stall*. Foram selecionadas aleatoriamente 20 camas, sendo que em 10 delas foi aplicado o probiótico e nas outras 10 não se realizou a aplicação, também não havia separação física da área (SP) e da área (CP), as vacas deitavam livremente em qualquer uma das áreas

As aplicações do probiótico nas camas de ambos os sistemas ocorreram da seguinte forma:

1ª Semana – Sem aplicação (dias 13, 14 e 16/09/2022): não foi realizada a aplicação do produto, sendo apenas registrados os dados de temperatura ambiente, umidade relativa do ar (UR) e a temperatura da cama, em três dias alternados. A temperatura da cama foi avaliada com o uso de um termômetro tipo espeto digital, com haste de 15cm. Os registros da temperatura da cama foram determinados em sete pontos aleatórios da área tratada e sete pontos da área não tratada (Testemunha), no sistema de *Compost barn*. A temperatura da cama foi analisada a uma profundidade de 15 cm. No Sistema *Free stall* a temperatura foi registrada na mesma forma, em uma profundidade de 15 cm, em sete pontos aleatórias na área tratada e em sete pontos na área não tratada, de acordo com metodologia adaptada de Black et al. (2013)

Foram coletadas sete sub-amostras da cama de compostagem, em sete pontos da área tratada com o produto e sete pontos da área não tratada (testemunha). As sub-amostras foram homogeneizadas e, em seguida, coletou-se uma amostra composta para posterior análise. No *Compost barn*, todas as sub-amostras foram coletadas após o revolvimento da área de compostagem e no *Free stall* após ter sido realizado a limpeza das baias e reposição nas camas caso houvesse necessidade Todos os procedimentos descritos foram realizados no período da manhã, com início às 8:00 horas e término por volta das 10:00 horas, em três dias alternados.

2ª semana - Início da aplicação do produto. Foram realizadas três aplicações do produto nas camas, nos dias 20, 21 e 23/09/2022, conforme descrito anteriormente. Em cada dia de aplicação foram realizados os mesmos procedimentos descritos na 1ª semana (registros de temperatura, UR, coleta de amostras), porém, incluindo-se a aplicação do probiótico.

3ª semana – aplicação do produto. Foram realizadas três aplicações nos dias 27, 28 e 30/09/2022. Foram realizados os mesmos procedimentos de registros e de amostragem da cama descritos na segunda semana de aplicação.

4ª semana – aplicação do produto. Foram realizadas três aplicações nos dias 11, 12 e 14/10/2022. Foram realizados os mesmos procedimentos de registros e de amostragem da cama descritos na segunda semana de aplicação.

5ª semana – aplicação do produto. Foram realizadas três aplicações nos dias 18, 19 e 21/10/2022. Foram realizados os mesmos procedimentos de registros e de amostragem da cama descritos na segunda semana de aplicação.

Desta forma, foram realizadas 15 aplicações do probiótico durante o período experimental, sendo três aplicações por semana, durante cinco semanas.

6ª semana – Sem aplicação do produto. (Dias 18, 19 e 21/10/2022): não foi realizada a aplicação do produto, porém, foram realizados os mesmos procedimentos de registros e de amostragem da cama descritos na segunda semana de aplicação.

2.3 Análises Laboratoriais

As amostras da cama de compostagem das propriedades foram colocadas em sacos plásticos, devidamente identificados (Figura 3) e posteriormente congeladas.

Figura 3: Identificação das amostras.



Fonte: O autor.

Ao final do experimento as amostras foram descongeladas e secas em estufa com ventilação de ar forçado a 65° C durante 72 horas para a determinação dos teores da primeira matéria seca (MS) ou ASA (Amostra Seca ao Ar) e da composição, no laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

As análises do teor de ASA (%) da cama foram feitas em duplicata, sendo pesado cerca de 80 gramas de amostra em balança analítica de precisão e colocados em bandejas de alumínio (Figura 4) e posteriormente levados para a estufa de ventilação forçada.

Figura 4: Amostras pesadas em bandeja de alumínio, devidamente identificadas e feitas em duplicata.



Fonte: O autor.

As amostras foram pesadas novamente e o teor de ASA foi calculado com base no peso da amostra seca e peso da amostra verde. O teor de umidade (%) foi calculado pela diferença de 100 – ASA. As amostras foram então moídas em moinho tipo wiley, utilizando-se peneira com crivos de 2mm. A determinação do teor de MS foi realizada em estufa a 105° C durante 16 horas, conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2015). O cálculo do teor de MS real foi obtido da seguinte forma:

$$\%MS = \%ASA \times \%MS_{\text{em estufa } 105/100}$$

A determinação do pH em água, foram feitas utilizando o potenciômetro, onde inicialmente, foi pesado 10g da amostra seca e moída, adicionado 50ml de água deionizada, obteve-se nestas proporções, uma consistência homogênea entre amostra e água, esta foi misturada com um bastão

e deixado em repouso por 3 horas conforme metodologia adaptada de Silva e Queiroz (2015). Após este período, foi realizado a leitura do pH das amostras, no aparelho potenciômetro (Figura 5), devidamente calibrado, sendo feita a higienização com água deionizada entre uma leitura e outra.

Figura 5: Potenciômetro utilizado para realizar leitura do pH.



Fonte: O autor.

As análises de carbono foram feitas pelo método Walkley b-Black, conforme adaptação de RHEINHEIMER (2008). Foi pesado 0,1g da amostra seca e moída, em um erlenmeyer de 125 mL, foi então adicionado 10 mL de dicromato de potássio e 20 mL de ácido sulfúrico, sendo feita a mistura destes e deixado em repouso por 30 minutos. Então, após o repouso, foi adicionado 50 mL de água e 10 mL de ácido fosfórico, além disso, foi adicionado o indicador difenilamina na quantidade 0,5 mL. Após, foi realizada a titulação, com sulfato ferroso 1 mol L⁻¹, tendo assim o volume gasto na titulação. Para obtenção do teor do carbono em g/kg, foi feito a seguinte fórmula:

$$C = (V1 - V2) \times CFe \times 3,99 / P$$

Sendo:

C = carbono orgânico total, em g/Kg

V1 = volume médio titulado na prova em branco, em ml.

V2 = volume gasto na titulação, em ml.

CFe = fator de correção (CFe=10,02/V1).

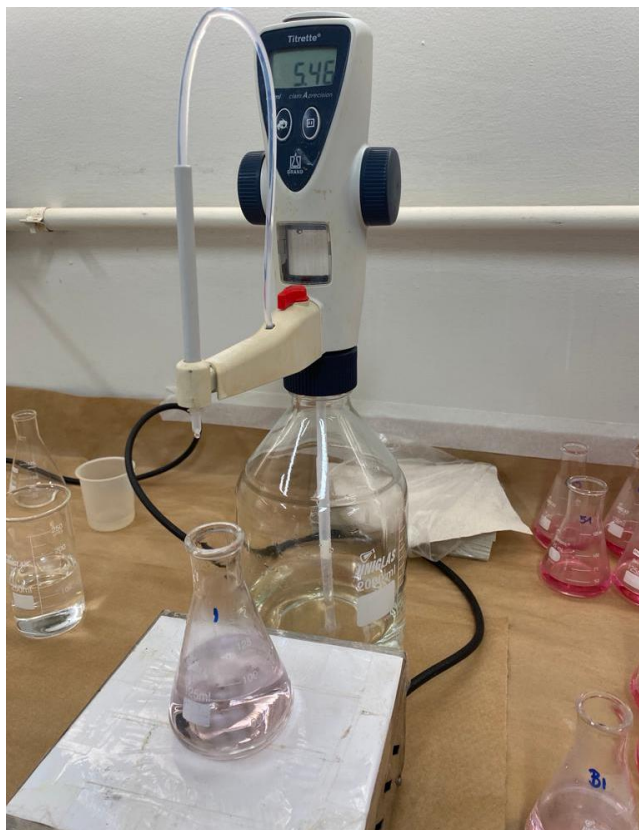
P = peso da amostra.

As determinações de nitrogênio foram realizadas através do método micro Kjeldahl, após prévia digestão sulfúrica, conforme metodologia adaptada de NOGUEIRA (2005). Foram pesados 0,5 g da amostra seca e moída, em um tubo de 90 mL, adicionado 8,0 mL da mistura digestora

(composta por três sais: selenito de sódio, sulfato de cobre, sulfato de sódio ou potássio) e ácido sulfúrico. Após isso, foram submetidas as amostras em um bloco digestor, com aumentos consecutivos da temperatura nos tempos estabelecidos, até completar a digestão, onde a amostra apresenta uma cor verde amarelada cristalina e translúcida.

Após a digestão, foi deixado as amostras esfriarem por cerca de 15 minutos, para posteriormente ser realizada a destilação, utilizando um destilador de N. Então, posteriormente a destilação, foram realizadas a titulação com ácido clorídrico 1 mol L⁻¹, em uma bureta eletrônica, sob um agitador magnético (Figura 6). Foi adicionado ácido clorídrico na solução, até que ocorresse a mudança de cor dessa solução inicialmente verde, para ligeiramente chumbo (ponto de viragem), foi adicionado uma ou duas gotas a mais para garantir toda a viragem na presença do ácido, que ao final apresentou coloração lilás bem clara.

Figura 6: Bureta eletrônica com agitador magnético, para realizar titulação de N.



Fonte: O autor.

Para obtenção do valor do nitrogênio total em g/kg, foi utilizado a seguinte fórmula:

$$N = V1 - V2 \times 2,8 \times Fc$$

Sendo:

N = nitrogênio total, em g/Kg.

V1 = volume gasto na titulação, em ml.

V2 = Volume gasto na titulação da prova em branco, em ml.

Fc = Fator de correção da solução = 1,000.

A razão atômica C/N foi obtida pela divisão dos resultados em g/Kg obtidos para o carbono orgânico total e o nitrogênio Kjeldahl total.

Delimitação Estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 2 tratamentos, com medidas repetidas no tempo (três vezes por semana durante cinco semanas). Para a comparação das médias de cada variável foi utilizado o teste F a 5% de significância. Para a análise estatística dos dados de T° C, UR, pH, teores de C e N e relação c/N, os valores foram transformados para a escala logarítmica (log10). Utilizou-se o Programa Estatístico SAS (versão 9.4).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Análise de variância (ANOVA) da temperatura da cama e do teor de umidade da cama de compostagem tratada ou não tratada com o probiótico

Variável	Tratamento ¹		Aplicação ²	
	Fvalue	P	Fvalue	P
Temperatura da cama (°C)	0,00	NS	1,64	NS
Umidade da cama (%)	0,04	NS	0,38	NS

¹Sem a aplicação do probiótico EM1 na cama de compostagem: de 13 a 16/09/2022. ²1ª, 2ª e 3ª aplicação: 20, 21 e 23/09/2022; 4ª, 5ª e 6ª aplicação: 27, 28 e 30/09/2022; 7ª, 8ª e 9ª aplicação: 4, 5 e 7/10/2022; 10ª, 11ª e 12ª aplicação: 11, 12 e 14/10/2022; 13ª, 14ª e 15ª aplicação: 18, 19 e 21/10/2022. *Significativo a 5%.

A aplicação do probiótico EM1 na cama de compostagem das vacas não alterou ($P > 0,05$) a temperatura da cama e o teor de umidade da cama (Tabelas 1) devido à fatores externos. Corroborando com trabalho de Damasceno (2020), o qual identificou os fatores que influenciam o processo de compostagem da cama estão todos aqueles que afetam a atividade microbiológica, como o teor de umidade, a concentração de nutrientes, a aeração, a temperatura, a granulometria da cama e o pH.

No presente trabalho, não foi possível isolar algumas fontes de variação, como a divisão das áreas das instalações tratadas ou não tratadas com o produto nos sistemas de *Compost barn* e *Free Stall*. Sendo assim, o deslocamento das vacas por ambos os tratamentos (camas) pode ter mascarado um possível efeito do probiótico sobre a cama. Adicionalmente, o processo de aeração também pode ter comprometido o resultado nos sistemas *Compost barn*, uma vez que nem sempre foi possível realizar o manejo de aeração sem qualquer contato entre as camas tratadas ou não com o

produto. Necessitando assim, de um estudo mais aprofundado, isolando estes fatores que podem ter ocasionado essas variações.

Tabela 2. Valores médios da temperatura da cama de compostagem e do teor de umidade da cama em função do tratamento ou não com probiótico EMI na cama de compostagem de vacas leiteiras

Variável	Tratamento			
	SP	CP	P	P
Temperatura da cama (°C)	26,86	26,88	NS	
Umidade da cama (%)	58,23	58,01	NS	NS

SP = cama de compostagem sem a aplicação do probiótico. CP= cama de compostagem com a aplicação do probiótico.

A temperatura média da cama de compostagem do presente trabalho foi de 26,8° C (Tabela 2), não havendo diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos (SP e CP). Janni et al. (2007), relataram temperaturas ideais entre 54 a 65°C. Benley e Taraba (2012) também relataram valores de temperatura consideráveis adequados para a manutenção do processo de compostagem entre 43 a 60° C. O presente trabalho encontrou média abaixo das consideradas ideais ao processo de compostagem Segundo Valente et al. (2009), a temperatura da cama é considerada por muitos pesquisadores como o mais importante indicador da eficiência do processo de compostagem e está estritamente relacionada com a atividade metabólica dos microrganismos.

A temperatura ambiente média durante a realização do experimento foi de 17,15° C, com mínima registrada de 13°C e máxima de 22° C. A umidade relativa do ar (UR) média foi de 80,3% com mínima de 51% (1 registro) e máxima 100% (1 registro). Em condições de clima frio e úmido, como os registrados em grande parte do período de avaliação, pode ter limitado a ação do probiótico sobre a cama.

Radavelli (2018) avaliando as instalações de *Compost barn* no sul do Brasil, encontrou temperatura média interna da cama de 43,1° C e Oliveira et al. (2019) verificaram valores de temperatura média da cama de instalações de *Compost barn* de 35,9° C, valores acima das médias encontradas no presente trabalho.

A temperatura é afetada também pela aeração da cama. Damasceno (2020) mencionou que, quando se revolve a cama, a temperatura interna pode variar entre 30 a 60° C e conter grande quantidade de água em suspensão. Se a temperatura do ar externo à cama for muito inferior, abaixo de 10° C, irá ocorrer condensação do vapor presente no ar, contribuindo com o aumento da umidade da cama nos dias mais frios. Ainda segundo os autores, a diminuição da temperatura da cama pode

ocorrer em função de uma redução ou aumento da umidade e/ou de uma menor concentração de nutrientes no substrato e/ou ainda, devido ao manejo da cama e taxa de lotação, que podem proporcionar maior perda de calor para o ambiente e compactação. Portanto, estes fatores podem ter causado a redução da temperatura da cama do presente trabalho.

Em relação ao pH, obteve valores mais básicos, como demonstrado nas médias entre os tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Médias das variáveis de pH, carbono total (C total), nitrogênio total (N total) e relação Carbono e Nitrogênio (C/N) ¹. SP: sem probiótico; CP: com probiótico. ²Coefficiente de Variação

<i>Variáveis</i>	Tratamentos ¹		CV (%) ²	<i>p-valor</i>
	SP	CP		
pH	9,23 a	9,34 a	5,12	0,1452
C total	333,62 a	331,58 a	8,05	0,6440
N total	13,88 a	14,30 a	30,06	0,5492
C:N	27,20 a	25,82 a	39,23	0,4208

*Médias seguidas por letras distintas, na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Pode-se observar que o valor de pH não diferiu entre os tratamentos, este apresentou valor médio de 9,23 (SP) e 9,34 (CP), bem próximos aos 8,45 e 8,9 reportados por Janni et al., (2007) e Fávero et al., (2015). Valores mais básicos, como os encontrados, estão relacionados ao tempo prolongado de utilização da cama, onde ocorre maior incorporação do nitrogênio do meio, isso eleva o valor de pH, A produção de amônio nesse processo, também auxilia na elevação do pH, pois ela é uma base e recebe prótons H⁺. Segundo Changirath et al. (2011), durante os estágios iniciais de compostagem, os ácidos orgânicos são formados, após a formação, a compostagem continua e os ácidos se tornam neutralizados, e o composto maduro geralmente apresenta pH entre 6,0 e 8,0. Um pH acima de 9,0, como encontrado neste trabalho, é um indicativo de que há atividade microbiana nos materiais de cama e que a compostagem pode estar na fase próxima à maturação.

Em relação ao Carbono total e ao Nitrogênio total, não houve diferença significativa entre os tratamentos, estes foram obtidos em g/Kg. Isso demonstra que o probiótico não afetou os teores de Carbono e Nitrogênio disponíveis aos microrganismos. O uso do probiótico tinha como proposta de acelerar a degradação da matéria orgânica. Nesse sentido, esperava-se que ocorresse a diminuição do C e aumento do N. Os teores de C e N mantiveram-se praticamente inalterados, provavelmente devido a fatores como a baixa temperatura no decorrer do experimento e a alta UR.

Outro fator importante nas camas de compostagem são a relação C/N, pois os microrganismos presentes na cama precisam de carbono como fonte de energia, e de nitrogênio como fonte de proteína para seu metabolismo.

Tabela 4. Médias das variáveis de pH, carbono total (C total), nitrogênio total (N total) e relação Carbono nitrogênio (C/N) em função do período de aplicação

Variáveis	Tratamentos ¹		CV (%) ²	p-valor
	SP	CP		
1º Período				
pH	9,05	9,04	6,38	0,9470
C total	338,78	340,78	9,44	0,8832
N total	12,43	12,69	40,17	0,8993
C/N	33,52	31,44	47,34	0,7444
2º Período				
pH	9,09	9,12	6,21	0,9157
C total	335,00	331,86	9,12	0,8069
N total	14,48	14,62	36,68	0,9507
C/N	27,41	26,36	46,17	0,8415
3º Período				
pH	9,08	9,32	4,34	0,1572
C total	336,97	329,08	8,43	0,4899
N total	13,95	14,08	34,93	0,9443
C/N	27,42	26,41	36,68	0,8090
4º Período				
pH	9,22	9,41	4,17	0,2534
C total	331,09	330,31	7,35	0,9381
N total	13,46	14,49	27,79	0,5240
C/N	27,02	24,53	32,46	0,4718
5º Período				
pH	9,35	9,51	3,92	0,2894
C total	332,06	338,72	8,29	0,7593
N total	13,67	14,82	23,09	0,3801
C/N	25,70	23,67	27,87	0,4617
6º Período				
pH	9,54	9,61	3,95	0,6155
C total	327,91	329,19	6,6	0,8824
N total	15,39	14,99	19,85	0,7338
C/N	22,36	22,98	25,57	0,7903

¹ SP: sem probiótico; CP: com probiótico. ²Coeficiente de Variação.

*Médias seguidas por letras distintas, na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Adicionalmente a ordem de aplicação do probiótico causou diferença significativa ($P < 0,05$) na relação C/N (Tabela 4).

No presente estudo foram encontrados valores de 27,20 (SP) e 25,82 (CP) para a relação C/N, demonstrando que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Porém, os valores obtidos nessa relação, estão dentro dos ideais considerados pela literatura. O máximo processo de compostagem ocorre quando essa relação está entre 25 a 30:1 Bewley et al. (2012). Esses valores estão relacionados com a taxa de lotação dos galpões, que determinam a incorporação de fezes e urina (fontes de nitrogênio) e a frequência de reposições da cama (fontes de carbono), isto mantém o processo de compostagem constante.

De acordo com os resultados, a mudança não ocorreu em função do tratamento (cama tratada ou não com o probiótico) mas sim, por outros fatores que podem estar relacionados. Verificou-se que durante o 1º período (semana) a relação foi de 33,52 (SP) e 31,44 (CP) e durante o 6º período (semana) a relação foi de 22,36 (SP) e 22,98 (CP). Demonstrando assim, que a relação diminuiu expressivamente, mas em ambos os tratamentos. Este resultado pode ser decorrente de fatores externos como alterações na temperatura ambiente e na umidade relativa, aeração da cama, reposição da cama, entre outros.

O mesmo ocorreu durante os períodos (semanas) para os valores de carbono total, nitrogênio total e pH, houve variações numéricas, mas em ambos os tratamentos. O teor de umidade, juntamente com a aeração, pH, a relação C:N e a granulometria dos materiais das camas, apresentam efeito direto sobre o desenvolvimento dos microrganismos. A umidade considerada adequada varia conforme as características do material usado como cama, do sistema de ventilação, do manejo da cama, da densidade animal, entre outros. Portanto, a eficiência do processo de compostagem baseia-se na interdependência e no inter-relacionamento destes fatores.

4. CONCLUSÕES

O probiótico utilizado na cama de compostagem de vacas leiteiras não teve efeito sobre a umidade, temperatura, pH, teores de carbono, teores de nitrogênio e sobre a relação C:N. Alguns fatores como a baixa temperatura ambiente durante o experimento, a qual limita o crescimento dos micro-organismos, a alta umidade relativa, a ocorrência de chuvas, o curto período experimental e a impossibilidade de isolar áreas tratadas das não tratadas com o probiótico, podem ter limitado o seu efeito na cama.

Diante dos resultados obtidos, verifica-se a necessidade de mais investigações sobre variáveis que possam influenciar a atividade biológica da cama, pois devido à grande importância

da região e do grande uso de sistemas de camas de compostagem, são importantes novas pesquisas sobre o assunto.

5. REFERÊNCIAS

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, n. 3, p. 1575–1583, 2007.

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.

BEWLEY, J. M., TARABA, J. L., DAY, G. B., BLACK, R. A. Compost bedded pack barn design features and management considerations. Cooperative Extension Publ. ID-206, Cooperative Extension Service, **University of Kentucky College of Agriculture**, Lexington KY, 150p. 2012.

CEZAR, I. M.; QUEIROZ, H. P.; THIAGO, L. R. L. S.; CASSALES, F. L. G.; COSTA, F. P. Sistemas de Produção de Gado de Corte no Brasil: Uma Descrição com Ênfase no Regime Alimentar e no Abate. **Embrapa Gado de Corte**, Campo Grande, 2005.

CAMPOS, A. T., KLOSOWSKI, S., TORRES DE CAMPOS, A. Construções para gado de leite: instalações para novilhas. 2006. **Artigo em Hipertexto**. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/artigos/zootecnia/constleite/index.htm>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

CHANGIRATH, S., HALBACH, T. R. DORFF, R. Media and Media Mix Evaluation for Dairy Barn Compost Bedding Systems. **Department of Soil, Water and Climate**. 2011.

CRUZ, G. C. F. Alguns aspectos do clima dos Campos Gerais. In: CRUZ, G. C. F. **Patrimônio Natural do Campos Gerais do Paraná**. 1. ed. Ponta Grossa: Repositório UEPG, 2007. p. 59–72.

DAMASCENO, F. A., ALVES, F., et al. **Compost barn como uma alternativa para a pecuária leiteira**. Gulliver, 2020.

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

ENDRES, M. I. Compost Bedded Pack Barns – Can They Work for You? **WCDS Advances in Dairy Technology**, v.21 p. 271-279, 2009.

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

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

GALAMA, P. J. On farm development of bedded pack dairy barns in The Netherlands. **Wageningen UR Livestock Research**, 2014.

GALAMA, P. J., OUWELTJES, W.; ENDRES, M. I.; SPRECHER, J. R. LESO, L.; KUIPERS, A. KLOPCIC, M. Symposium review: Future of housing for dairy cattle. **Journal Dairy Science**. p.103. 2020.

IBGE. **Castro e Carambeí ampliam liderança na produção de leite**. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/castro-e-carambei-ampliam-lideranca-na-producao-de-leite-232327/>> Acesso: 05 abr. 2023.

IBGE. **Anuário Leite 2022: pecuária leiteira de precisão**. Disponível em: <embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1144110/anuário-leite-2022-pecuaria-leiteira-de-precisao> Acesso: 05 abr. 2023.

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, p. 97–102. 2007.

MARCINIAK, A. The use of temperature-humidity index (thi) to evaluate temperature-humidity conditions in free- stall barns. **Journal of Central European Agriculture**, v.15, n. 2, p. 73–83, 2014.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Vegetal, Nutrição Animal e Alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 313p.

OLIVEIRA, T. B. A. **Índices técnicos e rentabilidade da pecuária leiteira**, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162001000400006>. Acesso em: 06 abr. 2023.

OLIVEIRA, C. E. A., DAMASCENO, F. A., ARAÚJO, G., FERRAZ, S., DO NASCIMENTO, J. A. C., SILVA, E., FERREIRA, M. R. Geoestatística aplicada a distribuição espacial das condições térmicas e ruído em instalações Compost barn com diferentes sistemas de ventilação. **Ciência ET Praxis**, v. 9, n. 18, p. 41-48, 2019.

ORGANIKA. **EM1 Microrganismos Eficazes.** Disponível em: <<https://organikashop.com/produto/em1-microrganismos-eficazes/>>. Acesso 06 jun 2023.

RADAVELLI, W. M. Caracterização do sistema *Compost barn* em Regiões Subtropicais brasileiras. **UDESC**, Chapecó-SC, 2018.

RHEINHEIMER, D. S. et al. Comparação de métodos de determinação de carbono orgânico total no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 435-440, 2008.

ROCHA, D. T. et al. Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária. **Embrapa Gado de Leite**. V. 123 p. 1-15 set. 2020. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215880/1/CT-123.pdf>>. Acesso em: 06 abr 2023.

SCHOGOR, A. L. B. Características da Cama de *Compost Barns* em Regiões Subtropicais. **Anais Simpósio do Leite**, v.4, 2018.

SOARES, A. A. et al. **Variabilidade espacial do microclima em sistema *compost barn*: influência na qualidade da cama, termorregulação e comportamento de vacas leiteiras.** 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

VALENTE, B. S. et al. **Fatores que Afetam o Desenvolvimento da Compostagem de Resíduos Orgânicos.** *Arquivos de Zootecnia*, 58:59-85. (2009).