



SISTEMA COMPOST BARN: VENTILAÇÃO, MANEJO DA CAMA E TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS

298



Presidente do Conselho Deliberativo

João Martins da Silva Junior

Entidades Integrantes do Conselho Deliberativo

Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA

Confederação dos Trabalhadores na Agricultura – CONTAG

Ministério do Trabalho e Emprego – MTE

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA

Ministério da Educação – MEC

Organização das Cooperativas Brasileiras – OCB

Confederação Nacional da Indústria – CNI

Diretor Geral

Daniel Klüppel Carrara

Diretora de Educação Profissional e Promoção Social

Janete Lacerda de Almeida

© 2022, SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR

Todos os direitos de imagens reservados. É permitida a reprodução do conteúdo de texto desde que citada a fonte.

A menção ou aparição de empresas ao longo desta cartilha não implica que sejam endossadas ou recomendadas por essa instituição, em preferência a outras não mencionadas.

Coleção Senar – 298

Bovinocultura de leite: Sistema Compost Barn: ventilação, manejo da cama e tecnologias envolvidas.

NÚCLEO DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

Ana Ângela de Medeiros Sousa

COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE MATERIAIS INSTRUICIONAIS

Fabíola de Luca Coimbra Bomtempo

EQUIPE TÉCNICA

Vilton Francisco de Assis Júnior

Renata Caroline da Costa Vaz

FOTOGRAFIA

Maisa Dias Bernardino

ILUSTRAÇÃO

Fábula Ilustrações

PROJETO GRÁFICO E DIGITAL

TDA Brasil

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural.

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural.

Bovinocultura de Leite/ Serviço Nacional de Aprendizagem Rural.. –
Brasília: Senar, 2022.

128 p; il. 21 cm (Coleção Senar, 297)

ISBN: 978-85-7664-268-8

1. Bovinocultura. 2. Bovinocultura de leite 3. Compost Barn. II. Título.

CDU: 631

Sumário

Apresentação	• 13
Saúde e segurança na atividade agropecuária Norma regulamentadora nº 31 – NR-31	• 15
Introdução	• 18
I.	
CONHECER O SISTEMA DE VENTILAÇÃO	• 20
1. Conheça as opções de ventiladores	• 22
2. Entenda o dimensionamento dos ventiladores	• 24
3. Saiba o cálculo para definir quantidades de ventiladores	• 27
4. Conheça o sistema de resfriamento	• 31
4.1. Conheça o sistema de resfriamento	• 31
4.2. Conheça o resfriamento do ar	• 32
4.3. Conheça o resfriamento do próprio animal	• 34
II.	
APRENDER COMO MANEJAR A CAMA DO COMPOST BARN	• 36
1. Entenda a compostagem	• 38
1.1. Entenda a biologia da cama	• 43
1.2. Entenda os fatores que influenciam o processo de compostagem	• 45
1.2.1 Compreenda a relação entre carbono e nitrogênio (C/N)	• 47



Sumário

1.2.2 Compreenda o teor de umidade	• 47
1.2.3 Compreenda o revolvimento (aeração)	• 48
1.2.4 Compreenda o pH	• 50
1.2.5 Compreenda a temperatura e a granulometria	• 51



III.

CONHECER OS TIPOS DE MATERIAIS DE CAMA • 52

1. Conheça as opções de ventiladores	• 55
2. Conheça as palhas de culturas em geral	• 58
3. Conheça a casca de arroz	• 59
4. Conheça a casca de amendoim	• 60
5. Conheça a casca de café	• 61

IV.

SABER A IMPORTÂNCIA DA INTERAÇÃO ENTRE A CAMA E A VACA • 62

1. Conheça os benefícios da cama para a saúde das vacas	• 65
--	------

V.

APLICAR AS TÉCNICAS OPERACIONAIS NA CAMA • 69

1. Conheça o processo de escarificação	• 71
2. Saiba o modo de fazer a escarificação	• 72
3. Conheça os principais implementos utilizados na escarificação da cama	• 72
4. Saiba a frequência de revolvimento	• 73

5. Conheça os equipamentos necessários	• 74
6. Conheça o monitoramento dos parâmetros de controle da cama (umidade e temperatura)	• 81
7. Conheça os ajustes do vento sobre a cama para controle de umidade	• 86
8. Conheça o controle de ectoparasitas na cama	• 88
9. Conheça a vida útil e troca da cama	• 90
10. Conheça o destino da cama e oportunidades econômicas	• 92

VI.

CONHECER A PECUÁRIA DE PRECISÃO NO SISTEMA COMPOST BARN • 94

1. Conheça as tecnologias utilizadas para monitoramentos gerais no galpão	• 96
1.1. Saiba como realizar o monitoramento do microclima	• 99
1.2. Conheça as tecnologias de monitoramento de rebanho no galpão	• 104
2. Conheça as tecnologias para gestão de dados produtivos e reprodutivos utilizadas no Compost Barn	• 111

Considerações finais • 114

Referências • 116

Sumário



FOTOS E ILUSTRAÇÕES

1. Modelo de ventilador utilizado no galpão Compost Barn	• 22
2. Diferentes modelos de ventiladores utilizados em instalações de Compost Barn	• 23
3. Diferentes modelos de ventiladores utilizados em instalações de Compost Barn	• 23
4. Principais critérios para determinar a quantidade mínima de ventilador	• 27
5. Ventiladores posicionados em um galpão de Compost Barn	• 28
6. Vista de perfil exemplificando o ângulo de posicionamento dos ventiladores de um galpão Compost Barn	• 29
7. Parâmetros para montagem de ventiladores HVLS	• 30
8. Esquema do resfriamento de elementos construtivos por meio da aspersão de água na cobertura	• 32
9. Exemplo de resfriamento do ar com nebulização	• 33
10. Esquema de resfriamento evaporativo do ar por meio de painéis porosos evaporativos (PAD)	• 34
11. Sistema de resfriamento do próprio animal deve molhar o animal com gotas d'água grandes	• 35

12. Principais microrganismos de compostadores	• 38
13. Cama retirada do Compost Barn	• 40
14. Cama em compostagem de um galpão Compost Barn	• 41
15. Fases que ocorrem no processo de compostagem e sua relação com a temperatura	• 42
16. Principais fatores que interferem na compostagem	• 44
17. Teste de umidade da cama do Compost Barn	• 47
18. Diferentes zonas (aeróbia e anaeróbia) encontradas no perfil da cama	• 49
19. Perfil da cama com diferentes zonas (aeróbia e anaeróbia)	• 49
20. Animais sobre cama de origem orgânica	• 50
21. Resíduo da indústria madeireira utilizado como cama no Compost Barn	• 55
22. Maravalha utilizada como material de cama numa instalação Compost Barn	• 57
23. Pó de serra utilizado como material de cama em instalações Compost Barn	• 58
24. Restos de cultura utilizados como material de cama em instalações Compost Barn	• 59
25. Palha de arroz estocada para ser usada em galpão de Compost Barn	• 60

Sumário

26. Cama rica em material orgânico / dejetos bovinos •	66
27. Vacas deitadas e ruminando, um bom indicativo do padrão de conforto da cama •	67
28. A escarificação é um dos postos-chave para o sucesso no manejo da cama •	71
29. a) grade de disco, b) escarificador e c) enxada rotativa •	73
30. Processo de revolvimento da cama do Compost Barn •	74
31. A profundidade de revolvimento do escarificador depende do tamanho da haste •	76
32. A enxada rotativa permite um revolvimento mais uniforme, porém menos profundo •	78
33. Grade de disco utilizada no revolvimento da cama •	79
34. Grade de disco utilizada no revolvimento da cama •	79
35. Comercialmente, existem diversos tipos de implementos híbridos para manejo de cama em instalações Compost Barn •	80
36. Coleta de amostra de cama para determinar a umidade •	81
37. Material da cama com diferentes teores de umidade •	82
38. Material da cama com teor de umidade elevado •	83
39. Determinação do teor de umidade pelo método da estufa •	84

40. Processo de medição da temperatura da cama	•	85
41. Posicionamento do anemômetro para aferição da velocidade do ar	•	87
42. Leitura da velocidade do ar	•	87
43. Corredor de alimentação e arredores devidamente limpos e em bom estado de manutenção	•	89
44. Troca da cama	•	91
45. Destino da cama após a retirada da instalação Compost Barn	•	92
46. Orientações técnicas para os pontos de atenção no manejo com os animais	•	96
47. Orientações técnicas quanto à manutenção e operação dos equipamentos	•	97
48. Diferentes tipos e modelos de termômetros	•	100
49. Sensores utilizados para medir a umidade relativa do ar	•	101
50. Modelo de anemômetro utilizado para a medição da velocidade do ar	•	102
51. Esquema de funcionamento do sistema de controle, gerenciamento e transmissão de dados do sensor de temperatura do ar fixado no ventilador	•	103
52. Dispositivo para mensurar o pH do rúmen e leite de vacas em tempo real	•	104
53. Acelerômetro para monitoramento da vaca	•	106

Sumário

54. Exemplo de monitoramento automatizado do escore de condição corporal (ECC) em vacas de leite	• 108
55. Esquema do sistema de aquisição de imagem da vaca com uma câmera tridimensional (3D) e uma balança de pesagem	• 109
56. Sistema de monitoramento da claudicação das vacas utilizando a visão computacional	• 110
57. Modelo de radiotelemetria utilizado para monitoramento de animais	• 113
58. Pedômetro utilizado no monitoramento do cio de vacas	• 113



GRÁFICOS E INFOGRÁFICOS

Tabela 1	• 25
Tabela 2	• 26
Tabela 3	• 46



APRESENTAÇÃO

O elevado nível de sofisticação das operações agropecuárias definiu um novo mundo do trabalho, composto por novas carreiras e oportunidades profissionais, em todas as cadeias produtivas.

Do laboratório de pesquisa até o ponto de venda no supermercado, na feira ou no porto, as pessoas precisam desenvolver habilidades e competências como capacidade de resolver problemas, pensamento crítico, inovação, flexibilidade e trabalho em equipe.

O Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – Senar é a escola que dissemina os avanços da ciência e as novas tecnologias, capacitando o público rural em cursos de Formação Profissional Rural e Promoção Social, por todo o país. Nestes cursos, são distribuídas as cartilhas, material didático de extrema relevância por auxiliar na construção do conhecimento e construir fonte futura de consulta e referência.

Conquistar melhorias e avançar socialmente e economicamente é o sonho de cada um de nós. A presente cartilha faz parte de uma série de títulos de interesse nacional que compõem a Coleção Senar. Ela representa

o comprometimento da instituição com a qualidade do serviço educacional oferecido aos brasileiros do campo e pretende contribuir para aumentar as chances de alcance das conquistas a que cada um tem direito.

As cartilhas da Coleção Senar também estão disponíveis em formato digital para download gratuito no site <https://www.cnabrasil.org.br/senar/colecao-senar> e em formato e-book no aplicativo (app) Estante Virtual da Coleção Senar disponível nas lojas Google e Apple.

Uma excelente leitura!

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – Senar



SAÚDE E SEGURANÇA NA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA

NORMA REGULAMENTADORA Nº 31 – NR-31

A Norma Regulamentadora Nº 31, mais conhecida como NR31, determina as regras relativas à saúde e à segurança no trabalho ligadas às atividades de agricultura, silvicultura, pecuária, aquicultura e exploração florestal. O objetivo é definir os procedimentos a serem cumpridos tanto pelos trabalhadores quanto pelos empregadores rurais, de forma a tornarem compatíveis o planejamento e o desenvolvimento das atividades do setor com a prevenção de acidentes e doenças relacionadas ao trabalho rural.

A norma se aplica a quaisquer atividades da agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura, verificando os locais onde ocorrem e as formas de relações de trabalho e emprego. Emprega-se também na exploração industrial em estabelecimento agrário, considerando-se as atividades relacionadas ao primeiro tratamento dos produtos agrários in natura sem transformá-los em sua natureza, tais como:

- I - O beneficiamento, a primeira modificação e o preparo dos produtos agropecuários e hortigranjeiros e das matérias-primas de origem animal ou vegetal para posterior venda ou industrialização;

II - O aproveitamento dos subprodutos oriundos das operações de preparo e modificação dos produtos in natura referidos no item anterior.

Nesse sentido, o Senar possui uma coleção de cartilhas específicas, que trazem, de forma comentada, em linguagem simples, todas as exigências da normativa.

Conheça a coleção e adeque as suas atividades às regras de saúde e segurança. Acesse a estante virtual do Senar ou baixe o aplicativo para celular.

Os títulos são os seguintes:

302 – Legislação NR-31: objetivos, aplicabilidade e dispositivos gerais

303 – Legislação NR-31: Programa de Gerenciamento de Riscos no Trabalho Rural – PGRTR

304 – Legislação NR-31: Serviço Especializado em Segurança e Saúde no Trabalho Rural – SESTR

305 – Legislação NR-31: Comissão Interna de Prevenção de Acidentes do Trabalho Rural – CIPATR

306 – Legislação NR-31: Medidas de Proteção Pessoal

307 – Legislação NR-31: Agrotóxicos, Aditivos, Adjuvantes e Produtos Afins

308 – Legislação NR-31: Ergonomia

309 – Legislação NR-31: Transporte de Trabalhadores

310 – Legislação NR-31: Instalações Elétricas

311 – Legislação NR-31: Ferramentas Manuais

312 – Legislação NR-31: Segurança no Trabalho em Máquinas, Equipamentos e Implementos

313 – Legislação NR-31: Secadores, Silos e Espaços Confinados

314 – Legislação NR-31: Movimentação e Armazenamento de Materiais

315 – Legislação NR-31: Trabalho em Altura

316 – Legislação NR-31: Edificações Rurais

317 – Legislação NR-31: Condições Sanitárias e de Conforto no Trabalho Rural



INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, o uso de sistemas de confinamento na bovinocultura leiteira tem crescido nas últimas décadas. Entre os sistemas intensivos de produção de bovinos de leite praticados no Brasil, tem-se observado aumento no uso do sistema conhecido como *Compost Barn*.

Nesse sistema, os animais permanecem confinados em instalações sem baias, mantendo-os em uma grande área comum, com cama de material macio e confortável, disposta em forma de colchão que, sob determinadas condições de temperatura e umidade, é decomposta ao longo do tempo.

Assim, esta cartilha visa apresentar informações para que o produtor de leite conheça esse sistema e saiba manejá-lo de modo eficiente, auxiliando na melhoria da qualidade do leite e na eficiência produtiva e reprodutiva do seu rebanho leiteiro.

São apresentados os princípios gerais para o planejamento e a execução do projeto nesse sistema, os detalhes do manejo da referida cama e os parâmetros utilizados no monitoramento, bem como os principais pontos que devem ser observados no sistema de ventilação e na pecuária de precisão.

Este material é essencial para que o produtor de leite que deseja construir uma instalação de *Compost Barn* possa manejá-la de forma correta e para que conheça os

principais requisitos para realizar uma ventilação adequada, garantindo melhores condições de conforto e bem-estar para as vacas.

I. CONHECER O SISTEMA DE VENTILAÇÃO

I. CONHECER O SISTEMA DE VENTILAÇÃO



A implantação de um sistema *Compost Barn* deve considerar diversos fatores, com destaque para o sistema de ventilação empregado, sendo esse responsável pela manutenção de um ambiente confortável aos animais, pela remoção de gases e calor e pela secagem da cama (JANNI; ENDRES; RENEAU; SCHOPER, 2007; LOBECK; ENDRES; SHANE; GODDEN; FETROW, 2011; DAMASCENO et al., 2020).

A ventilação adequada é um aspecto muito importante, devendo garantir condições homogêneas de fluxo de ar para evitar a aglomeração dos animais em pontos específicos da área de cama, o que ocasiona o acúmulo de dejetos em proporções desiguais no interior da instalação (BRITO, 2016).

Caso não seja possível obter o fluxo de ar necessário por meio da ventilação natural,

deve-se utilizar a ventilação mecânica, produzida por equipamentos especiais, como ventiladores e exaustores.



Figura
1

Modelo de ventilador utilizado no galpão *Compost Barn*

FONTE: Acervo do Senar.

1. CONHEÇA AS OPÇÕES DE VENTILADORES

Atualmente, os produtores de leite possuem diversas opções de sistemas mecanicamente ventilados que são utilizados em instalações com laterais abertas (LESO; CONTI; ROSSI; BARBARI, 2018). Entre esses estão incluídos:

a) Ventiladores axiais: são caracterizados pela ocorrência do fluxo de ar paralelamente ao eixo em que as hélices ou pás são montadas. Nesse caso, atuam com alta velocidade e baixo volume de ar (LVHS).

b) Ventiladores de teto: são montados na estrutura do telhado, podendo possuir entre cinco e dez pás e sendo caracterizados pela baixa velocidade e alto volume de ar (HVLS), o que os tornam mais econômicos. Ademais, atuam de modo a forçar a circulação de um grande volume de ar, operando com baixa pressão.



Figura
2

Diferentes modelos de ventiladores utilizados em instalações de *Compost Barn*: alta velocidade e baixo volume de ar (LVHS);

FONTE: Acervo do Senar.



Figura
3

Diferentes modelos de ventiladores utilizados em instalações de *Compost Barn*: baixa velocidade e alto volume de ar (HVLS).

FONTE: Shutterstock

Cada sistema de ventilação tem pontos positivos e negativos que precisam ser considerados nas etapas iniciais de planejamento e elaboração do projeto da instalação. Sistemas de ventilação mecânica bem projetados podem ser eficazes e eficientes em termos energéticos e econômicos. Entretanto, na maioria dos projetos *Compost Barn*, o sistema de alta velocidade e baixo volume de ar (LVHS) tem sido preferencialmente utilizado.

Independentemente do tipo e do modelo, se não forem utilizados em quantidades suficientes, fornecendo vazão e velocidade de ar adequadas nas proximidades da superfície da cama, os ventiladores podem predispor os animais a uma condição de desconforto térmico, além de reduzir a eficiência de secagem da cama (DAMASCENO *et al.*, 2020).

2. ENTENDA O DIMENSIONAMENTO DOS VENTILADORES

Os ventiladores são equipamentos essenciais para a ventilação mecânica e, além de passarem por uma criteriosa seleção, precisam ser corretamente dimensionados. No geral, observa-se que a montagem desses equipamentos tem sido realizada sem as orientações técnicas adequadas.

Para selecionar um ventilador que atenda as especificações de projeto, devem ser utilizadas as tabelas dos fabricantes e analisadas as curvas de rendimento do ventilador (DAMASCENO *et al.*, 2020). Na Tabela 3, pode-se identificar

algumas características principais de ventiladores que são normalmente utilizados em instalações *Compost Barn*, sendo eles geralmente classificados em termos de vazão de ar (Q , em cfm ou m³/hora, em que 1,0 cfm = 1,7 m³/hora) e eficiência energética (N , em m³/hora/Watt ou cfm/Watt).

Ventiladores LVHS

MOD.	NP	\emptyset (M)	RT (rpm)	DT (m)			CP (m ³ /hora)	EF (M ³ /hora/W)
					cv	PT kW		
A	3,0	1,52	520	12 A 18	1,50	1,12	86.000	76,89
B	3,0	1,32	460	9 A 12	1,00	0,75	53.000	71,07
C	7,0	1,07	900	5 A 10	0,75	0,56	36.500	65,26
D	5,0	2,00	400	12 A 20	3,00	2,24	120.000	53,64
E	3,0	1,80	500	12 A 18	2,00	1,49	75.000	50,29
F	6,0	1,25	439	9 A 12	1,00	0,75	34.000	45,59
G	3,0	1,60	500	12 A 18	2,00	1,49	66.000	44,25
H	6,0	1,53	1.100	12 A 18	1,50	1,12	48.000	42,91
I	6,0	1,53	1.400	12 A 18	2,00	1,49	56.000	37,55

Tabela 1 – Características principais de ventiladores de alta velocidade e baixo volume de ar (LVHS).

Legenda: NP – número de pás; \emptyset – diâmetro (m); RT – rotação (rpm); DT – distância entre os ventiladores (m); PT – potência; CP – capacidade (m³/hora); e EF – eficiência energética (m³/hora/W).

FONTE: Adaptado de Damasceno (2020).

Ventiladores HVLS

MOD.	NP	Ø (m)	RT (rpm)	DT (m)	cv PT kW	CP (m³/hora)	EF (m³/hora/W)
A	10,0	7,50	42	20 A 25	2,00 1,49	550.000	369,12
B	6,0	7,30	36	20 A 25	2,00 1,49	478.500	321,14
C	6,0	6,78	42	20 A 25	2,00 1,49	398.430	267,40

Tabela 2 – Características principais de ventiladores de baixa velocidade e alto volume (HVLS).

Legenda: NP – número de pás; Ø – diâmetro (m); RT – rotação (rpm); DT – distância entre os ventiladores (m); PT – potência; CP – capacidade (m³/hora); e EF – eficiência energética (m³/hora/W).

FONTE: Adaptado de Damasceno (2020).

Para o dimensionamento do ventilador LVHS, verifica-se que o ventilador do modelo A tem eficiência energética maior, mesmo apresentando potência equivalente ao do modelo H (1,12 kW), representando quase 45% a mais de capacidade de fluxo de ar. Além disso, o ventilador do modelo H apresenta o dobro do número de pás e maior rotação em relação ao modelo A.

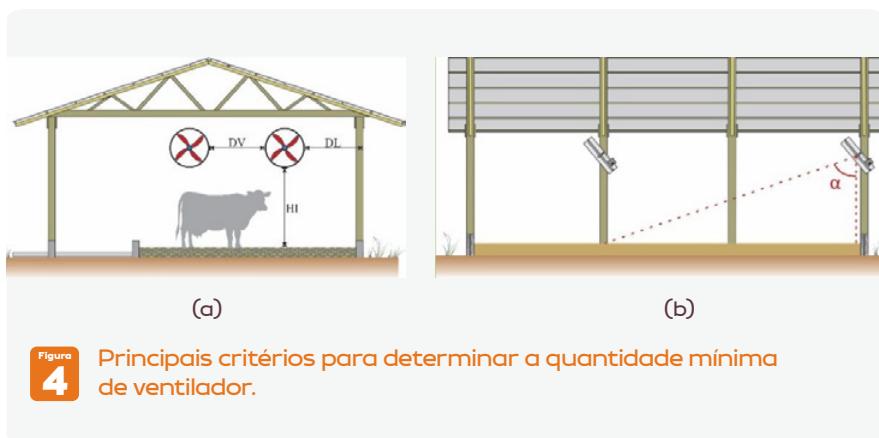
No caso dos ventiladores HVLS, observa-se que, para uma mesma potência e diâmetro, a capacidade do modelo A é quase 15% maior que a do modelo B. Portanto, pode-se observar que ventiladores de iguais dimensão e potência possuem desempenhos diferentes.

Ventiladores com baixa eficiência podem aumentar o custo de produção, acarretando aumento dos custos de energia elétrica. Ventiladores com baixa eficiência de

movimentação de ar predispõem os animais ao estresse térmico, conduzindo ao menor desempenho produtivo, além de dificultar o processo de secagem da cama.

3. SAIBA O CÁLCULO PARA DEFINIR QUANTIDADES DE VENTILADORES

Para determinar a quantidade de ventiladores LVHS necessária na instalação, deve-se levar em conta quatro critérios básicos: 1. altura mínima de instalação (HI); 2. distância mínima entre os ventiladores (DV); 3. distância mínima do ventilador até a abertura lateral da instalação (DL); e 4. ângulo de inclinação (α). Estes valores normalmente são fornecidos pelo fabricante, mas podem variar, a depender do modelo, da potência e das condições de montagem do ventilador.



**Figura
4**

Principais critérios para determinar a quantidade mínima de ventilador.

Legenda: (a) HI: altura mínima de instalação; DV: distância mínima entre ventiladores; DL: distância mínima até a abertura lateral; e (b) α : ângulo de inclinação.

FONTE: Adaptado de Damasceno (2020).

Primeiramente, deve-se determinar a HI dos ventiladores, que é baseada no critério de segurança para se evitar acidentes com veículos (por exemplo, trator) no momento do revolvimento da cama. Também, é preciso considerar que o ventilador não fique muito distante da cama, a fim de ter a melhor eficiência de ventilação para a secagem. Sendo assim, segundo Damasceno (2020), para atender esses critérios, a HI deve ser, no mínimo, 2,7 m.

A DV deve levar em consideração um valor mínimo para que o fluxo de ar não se sobreponha ao fluxo de outro ventilador; nesse caso, o valor de DV deve ser entre 5,0 e 7,0 m (DAMASCENO et al., 2020).



Figura

5 Ventiladores posicionados em um galpão de *Compost Barn*

FONTE: Acervo do Senar.

O valor de DL recomendado deve ser de 3,0 m para evitar que o fluxo de ar saia da instalação pela abertura lateral.

Por último, a distância entre os ventiladores vai influenciar diretamente no valor de α , podendo variar entre 25° e 60°.



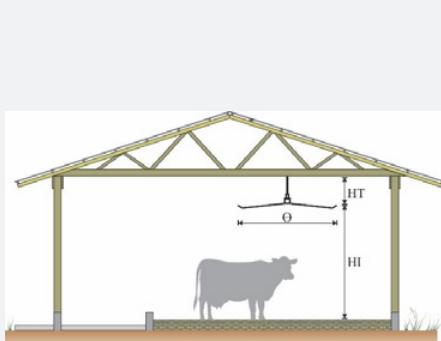
Figura
6

Vista de perfil exemplificando o ângulo de posicionamento dos ventiladores de um galpão Compost Barn

FONTE: Acervo do Senar.

No caso dos ventiladores HVLS, o posicionamento deverá ser sobre a área de cama da instalação, com uma altura mínima de 3,0 m (DAMASCENO *et al.*, 2020). Normalmente, a área de alcance do fluxo de ar deve ser igual a três vezes o diâmetro da hélice. Para manter uma boa circulação de ar, os ventiladores HVLS devem ser montados na estrutura do telhado com distância de, pelo menos, 1/3 (um terço) do diâmetro do ventilador. Porém, é sempre aconselhável

consultar as tabelas dos fabricantes, que indicam esses parâmetros de medidas em função das distâncias do piso em relação ao teto da instalação.



\varnothing	HI			
	Mín.	Máx.	HT	DV
2,5	3,0	5,0	0,9	15,0
3,0	4,0	6,0	1,0	20,0
3,5	4,3	7,0	1,0	23,0
4,0	4,5	8,0	1,2	26,0
4,5	4,8	9,0	1,2	27,0
5,5	5,3	10,0	1,5	30,0
6,0	5,5	11,0	1,5	34,0
7,0	6,0	12,0	1,6	36,0

Figura
7

Parâmetros para montagem de ventiladores HVLS.

Tabela 3 – Parâmetros para montagem de ventiladores HVLS.

Legenda: Θ : diâmetro do ventilador; HI: altura de instalação; HT: distância mínima da hélice até o telhado; e DV: distância entre os centros dos ventiladores.

FONTE: Adaptado de Damasceno (2020).

Produtores e técnicos devem sempre optar por ventiladores de alta qualidade e eficiência para garantir um desempenho confiável e um baixo consumo energético. Ventiladores eficientes economizam na quantidade de energia elétrica utilizada, embora normalmente seu custo de aquisição seja maior. O tempo de retorno pode variar com base no número

de horas por ano em que o ventilador está em operação, no custo da energia elétrica da região e na possibilidade de automação dos ventiladores. Portanto, para selecionar o tipo de ventilador mais adequado para uma determinada edificação, os primeiros fatores que devem ser verificados são os custos de operação, manutenção e aquisição. A eficiência do ventilador deve ser considerada, mas tal consideração deve atentar para o total de ventiladores a serem utilizados na instalação.

4. CONHEÇA O SISTEMA DE RESFRIAMENTO

Além da ventilação, visando melhorar ainda mais as condições de bem-estar dos bovinos leiteiros, outras modificações ambientais podem ser adotadas pelo produtor para reduzir o estresse térmico, tais como o resfriamento de elementos construtivos, o resfriamento do ar e o resfriamento do próprio animal.

4.1 CONHEÇA O SISTEMA DE RESFRIAMENTO

O resfriamento de elementos construtivos por meio da aspersão de água na cobertura tem sido empregado com o objetivo de reduzir a temperatura da telha nos períodos mais quentes do dia. Nesse caso, a redução da temperatura ocorre por evaporação da água sobre a telha e a transferência

de calor da telha para a água. Todo esse processo leva à redução da temperatura na superfície inferior do telhado, favorecendo as condições térmicas de conforto em períodos de calor intenso.



Figura
8

Esquema do resfriamento de elementos construtivos por meio da aspersão de água na cobertura

FONTE: Adaptado de Damasceno (2020).

4.2 CONHEÇA O RESFRIAMENTO DO AR

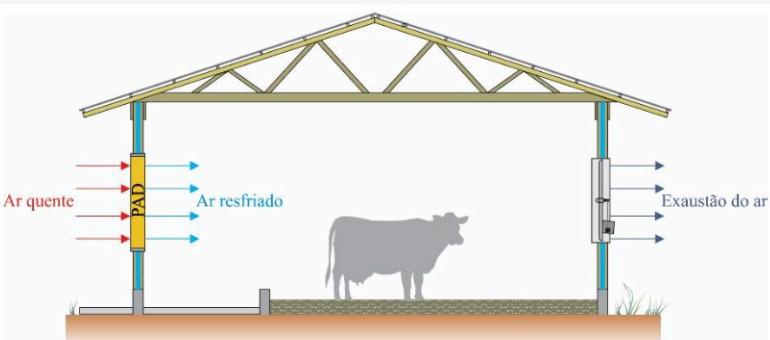
O resfriamento do ar é empregado na climatização da instalação para confinamento animal, apresentando resultados satisfatórios na redução da temperatura do ar interno e, assim, melhorando as condições de conforto térmico para os animais. Ele pode ser obtido por vários processos, destacando-se entre eles a nebulização e o uso de painéis de resfriamento evaporativo.

O sistema de nebulização consiste no aumento da área de exposição da água por meio da formação de gotículas extremamente pequenas, assegurando uma evaporação mais rápida. Essas gotículas de água (névoa) devem permanecer suspensas no microambiente que circunda os animais, para que evaporem no ar e, quando associadas ao sistema de ventilação, possam reduzir a temperatura ambiente. Dessa forma, a nebulização, associada à movimentação do ar proporcionada pelos ventiladores, acelera a evaporação e a troca de calor da água com o ar (ARMSTRONG, 1994).



FONTE: Adaptado de Damasceno (2020).

Outra maneira de se resfriar o ar é colocá-lo em contato com uma superfície de água. Assim, para melhorar a eficiência desse processo, utiliza-se um material poroso (PAD) para aumentar a área superficial da água em contato com o ar. Para forçar o contato da água com o ar, ventiladores ou exaustores forçam o fluxo de ar a passar por esse material, promovendo uma troca de calor e massa e permitindo o resfriamento evaporativo.



**Figura
10**

Esquema de resfriamento evaporativo do ar por meio de painéis porosos evaporativos (PAD)

FONTE: Adaptado de Damasceno (2020).

4.3 CONHEÇA O RESFRIAMENTO DO PRÓPRIO ANIMAL

Para o resfriamento do próprio animal, normalmente, aspersores são utilizados para fazer o molhamento da superfície da pele dos bovinos, proporcionando o resfriamento em função, primeiramente, da temperatura da água ($T_{água}$) ser menor do que a temperatura superficial do

animal (T_c) e, também, por meio da evaporação da água para o ambiente. Assim, é importante que esse sistema molhe a pele do animal, e não somente o pelo, como ocorre no sistema de nebulização.

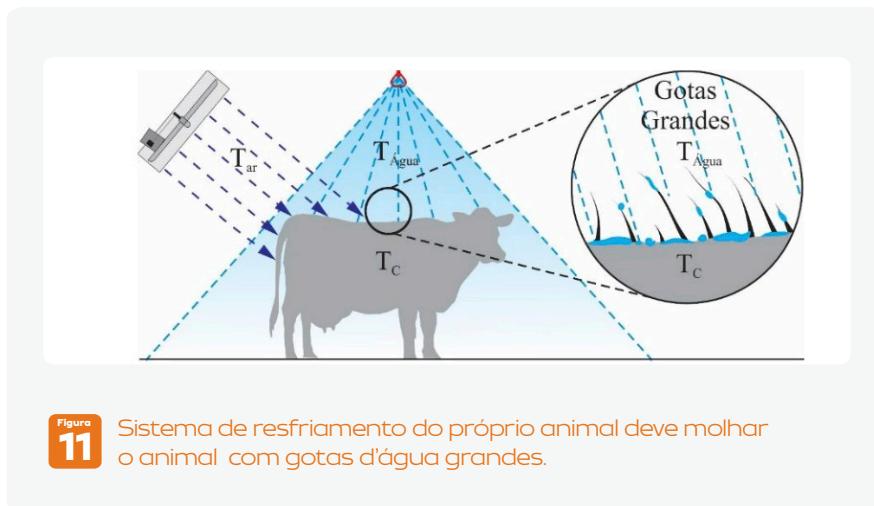


Figura
11

Sistema de resfriamento do próprio animal deve molhar o animal com gotas d'água grandes.

Legenda: T_{ar} : temperatura ambiente; $T_{água}$: temperatura da água; e T_c : temperatura corporal do animal.

FONTE: Adaptado de Damasceno (2020).

II. APRENDER COMO MANEJAR A CAMA DO *COMPOST BARN*

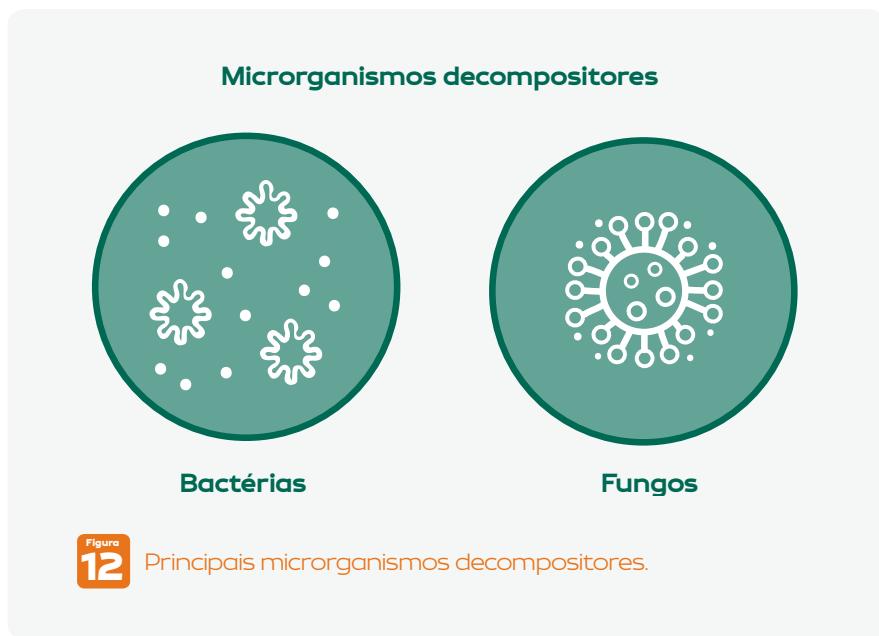
II. APRENDER COMO MANEJAR A CAMA DO **COMPOST BARN**



A seguir, serão apresentadas informações acerca do processo de compostagem que ocorre na cama da instalação de *Compost Barn*, mencionando seu processo biológico, seus fatores de influência (como a relação carbono-nitrogênio, o teor de umidade, o revolvimento, o pH, a temperatura e a granulometria), os tipos de materiais possíveis para a composição da área de cama (como os resíduos da indústria madeireira, as palhas de culturas agrícolas, as cascas de arroz e amendoim), a interação entre vaca e a cama, os benefícios gerados pela cama à saúde do animal, além das técnicas operacionais envolvidas no manejo da cama (a escarificação, seu modo de ser realizado, a frequência, os equipamentos necessários) e meios de monitoramento dos parâmetros de seu controle (ajuste de vento, combate a ectoparasitas, vida útil e troca da cama, seu aproveitamento econômico).

1. ENTENDA A COMPOSTAGEM

De modo geral, entende-se por compostagem o processo natural de decomposição da matéria orgânica de origem animal ou vegetal. Nesse processo, ocorrem transformações complexas de natureza bioquímica, promovidas por uma grande variedade de microrganismos.



FONTE: Minicurso Senar: manejo da cama de Compost Barn.

Para manter sua sobrevivência e desenvolvimento, esses microrganismos obtêm, por meio da degradação da matéria orgânica presente nos subprodutos agrícolas e dejetos dos animais, carbono, nitrogênio e os demais nutrientes necessários. Além disso, esses microrganismos também necessitam de condições ideais de temperatura, umidade e disponibilidade de oxigênio (O_2) para se proliferar.

Os microrganismos presentes durante a compostagem liberam substâncias e compostos com características que melhoram as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e, com isso, promovem a melhoria do desenvolvimento das culturas agrícolas por meio do fornecimento de nutrientes às plantas.

Para o produtor de leite, a compostagem da cama de instalações de *Compost Barn* pode ser um processo de grande importância econômica e sustentável, pois resíduos como os dejetos dos animais e subprodutos agroindustriais (maravalha, casca de café, casca de amendoim, entre outros) são reciclados e transformados em fertilizantes utilizáveis na lavoura.

O aumento de resíduos sólidos e líquidos, provenientes da produção de bovinos leiteiros, constitui um problema de ordem ambiental. Assim, a compostagem pode auxiliar na destinação correta e adequada de subprodutos agroindustriais e de dejetos, sem ocasionar riscos ao meio ambiente.



Figura
13

Cama retirada do *Compost Barn*

FONTE: Shutterstock.



ALERTA ECOLÓGICO

Os dejetos dos bovinos podem representar uma ameaça ambiental, se acondicionados à natureza de forma inadequada.

1.1 ENTENDA A BIOLOGIA DA CAMA

No processo de compostagem, ocorre uma sucessiva mudança das espécies de microrganismos envolvidos devido às alterações nas condições do meio (disponibilidade de nutrientes, pH, concentração de oxigênio, entre outros fatores). Nesse sentido, dificilmente se consegue identificar todos os grupos presentes no referido processo devido à grande variedade microbiológica (MILLER, 1992).

A intensidade da atividade dos microrganismos no processo de compostagem está diretamente relacionada à disponibilidade de nutrientes, ao pH e à concentração de oxigênio, que são responsáveis por produzir a maior parte das modificações químicas e físicas do material (MONDINI; FORNASIER; SINICCO, 2004).



**Figura
14**

Cama em compostagem de um galpão *Compost Barn*

FONTE: Acervo do Senar.

Os principais nutrientes encontrados nos resíduos agroindustriais (maravilha, casca de café, cascas de amendoim, entre outros) e dejetos dos animais estão na forma orgânica e são decompostos em diferentes estágios, com diferentes intensidades e por diferentes populações de microrganismos (Damasceno, 2020). Ademais, a predominância de determinadas espécies de microrganismos decompõe e suas respectivas atividades metabólicas determinam a fase em que se encontra o processo de compostagem (MILLER, 1992).

No início da decomposição dos resíduos orgânicos (chamada de fase mesófila), predominam as bactérias, que são responsáveis pela quebra inicial da matéria orgânica presente no material da cama e nos dejetos, ocorrendo a liberação de calor, dióxido de carbono (CO_2) e vapor d'água. Nessa fase, podem atuar fungos que utilizam a matéria orgânica, sintetizada pelas bactérias, como fonte de energia (PEREIRA NETO, 1996). Devido à elevação da liberação de calor, ocorre o aumento da temperatura, que resulta na morte de microrganismos mesófilos e no crescimento de outros grupos de microrganismos (bactérias e fungos termófilos).

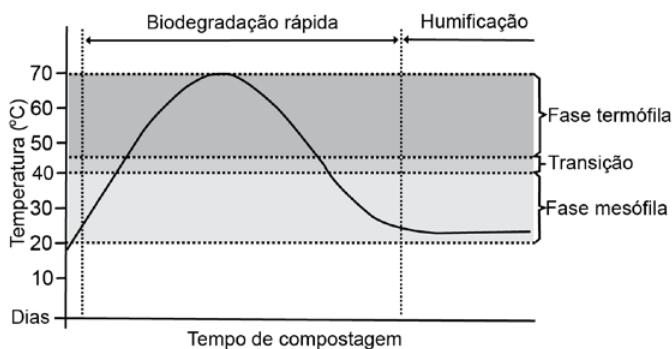


Figura
15

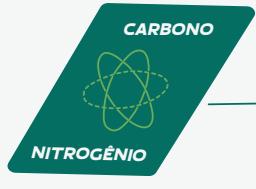
Fases que ocorrem no processo de compostagem e sua relação com a temperatura.

FONTE: Adaptado de Damasceno (2020).

1.2 ENTENDA OS FATORES QUE INFLUENCIAM O PROCESSO DE COMPOSTAGEM

O processo de compostagem que ocorre na cama da instalação *Compost Barn* pode ser influenciado por diversos fatores, tais como a relação carbono-nitrogênio, o teor de umidade, o revolvimento (aeração), o pH, a temperatura e a granulometria.

Relação entre carbono (C) e nitrogênio (N)



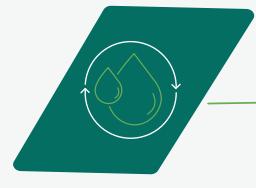
Os microorganismos dependem de conteúdo de carbono para fonte de energia e de nitrogênio para síntese de proteínas. Portanto, deve haver um balanço entre esses conteúdos, de modo que o ideal para iniciar o processo de compostagem seria uma **relação próxima a 30/1** (30 carbono para 1 nitrogênio).

Teor de umidade



Indispensável para a atividade metabólica e fisiológica dos microorganismos, a umidade considerada ideal para a compostagem varia entre **40 e 65% do teor de umidade**. O teor de umidade abaixo de 30% pode inibir a atividade microbiana. Por outro lado, valores acima de 65% proporcionam uma decomposição lenta, falta de oxigênio e desperdício de nutrientes.

Revolvimento (aeração)



Um fator muito importante é o revolvimento, o principal mecanismo que controla a elevação excessiva da temperatura e a velocidade de oxidação durante o processo de compostagem, além de reduzir a liberação de odores e controlar a umidade do material da cama. Durante esse processo ocorre a movimentação das partículas de materiais, como os de oxigênio, por exemplo, formando zonas aeróbias, que utilizam oxigênio, como acceptor final (40 a 600 °C) e zonas anaeróbias, que não utilizam oxigênio (25 a 400 °C).

pH

A faixa considerada adequada para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pelo processo de compostagem do material da cama situa-se em um nível do ph entre 5,5 e 8,5. As alterações do ph podem ativar ou quase inativar as enzimas presentes nos microrganismos, podendo reduzir a atividade microbiológica.

Temperatura e granulometria

Esses fatores, que estão diretamente relacionados com a atividade metabólica dos microrganismos, são considerados como os mais importantes indicadores da eficiência do processo de compostagem. Eles são afetados diretamente pela eficiência do revolvimento da cama, pelo teor de umidade e pela disponibilidade de nutrientes.

Figura 16 Principais fatores que interferem na compostagem

FONTE: Minicurso Senar: manejo da cama de *Compost Barn*.

Esses fatores têm um efeito direto sobre o desenvolvimento de microrganismos e indireto sobre a temperatura do processo de compostagem, sendo que a compostagem considerada ótima varia em função principalmente do tipo de material e do manejo da cama. A eficiência do processo de compostagem baseia-se na interdependência e no inter-relacionamento desses fatores.

1.2.1 COMPREENDA A RELAÇÃO ENTRE CARBONO E NITROGÊNIO (C/N)

A relação carbono-nitrogênio (C/N) deve ser determinada com base no material que será utilizado na cama, para efeito de balanço de nutrientes (MORREL; COLIN; GERMON; GODIN; JUSTE, 1985), e quando a cama for retirada, para efeito de avaliação da qualidade do composto que será utilizado na adubação do solo.

Além disso, a relação C/N é considerada como um índice para avaliar os efeitos no crescimento microbiológico e os níveis de maturação do material da cama. Nesse caso, como os microrganismos envolvidos no processo são heterotróficos, dependem do conteúdo de carbono e nitrogênio, respectivamente, da fonte de energia e da síntese de proteína (SHARMA; CANDITELLI; FORTUNA; CORNACCHIA, 1997).

Diversos pesquisadores afirmam que a relação C/N ideal para iniciar o processo de compostagem está próxima a 30:1 (DAMASCENO, 2020), uma vez que, durante a decomposição, os microrganismos absorvem carbono e nitrogênio da matéria orgânica (conteúdos presentes no material da cama e nos dejetos dos animais) na relação 30:1, sendo que, das 30 partes de carbono assimiladas, 20 são eliminadas na atmosfera na forma de gás carbônico (CO_2) e 10 são imobilizadas e incorporadas ao protoplasma celular (KIEHL, 1985).

A relação C/N de diversos materiais normalmente utilizados no processo de compostagem encontra-se na Tabela 5, a seguir:

Material	Teor de umidade (%)	C/N
Alta concentração de C		
Bagaço de cana	20	100 a 150
Sabugo de milho	20	60 a 100
Casca de café	10 a 18	27 a 37
Casca de arroz	10 a 15	60 a 80
Casca de amendoim	20	30 a 40
Serragem	20 a 60	200 a 700
Aparas de madeira	20 a 60	100 a 500
Maravalha	15	250 a 600
Alta concentração de N		
Dejeto animal	80 a 90	5 a 25

Tabela 3 – Relação C/N dos principais materiais orgânicos utilizados em processo de compostagem

FONTE: Adaptado de Damasceno (2020).

1.2.2 COMPREENDA O TEOR DA UMIDADE

A umidade é indispensável para a atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos, sendo que o teor considerado ideal para a compostagem varia entre 40% e 65% (NRAES, 1992).



Figura
17

Teste de umidade da cama do *Compost Barn*

FONTE: Acervo do Senar.

Sabe-se que o teor de umidade abaixo de 30% pode inibir a atividade microbiana. Por outro lado, o valor acima de 65% proporciona uma decomposição lenta, favorecendo as condições de anaerobiose e lixiviação de nutrientes (RICHARD; TRAUTMANN; KRASNY; FREDENBURG; STUART, 2002). Ademais, o excesso de umidade satura os micros e macroporos, reduzindo a concentração de oxigênio entre as partículas do material da cama, alterando suas propriedades físicas e químicas (DAMASCENO, 2020).

1.2.3 COMPREENDA O REVOLVIMENTO (AERAÇÃO)

Considerada o fator mais importante na decomposição da matéria orgânica, a aeração é o principal mecanismo que controla a elevação excessiva da temperatura e a velocidade da oxidação durante o processo de compostagem, além de reduzir a liberação de odores e controlar a umidade do material da cama.

Durante o revolvimento da cama, ocorre o movimento das partículas de materiais e a descompactação e aeração do meio, suprindo os poros do material com oxigênio (O_2). A depender do local onde o implemento revolve a cama, formam-se regiões com diferente disponibilidade de O_2 , criando dois ambientes distintos, classificados como zona aeróbia e anaeróbia. Assim, na região da cama onde o implemento revolve a cama, tem-se a compostagem aeróbia, que corresponde à decomposição dos substratos orgânicos na presença de O_2 , na qual os principais produtos do metabolismo biológico são dióxido de carbono (CO_2), água (H_2O) e energia (calor). Por outro lado, na região onde o implemento não revolve a cama, tem-se a zona anaeróbia, em que a decomposição dos substratos orgânicos ocorre na ausência de O_2 , produzindo metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) (DAMASCENO, 2020).

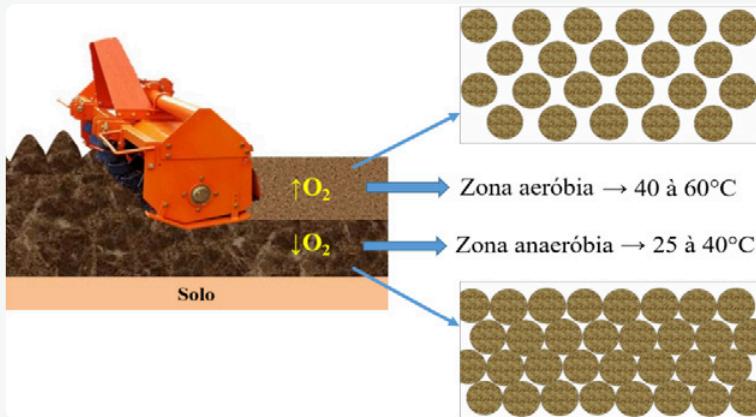


Figura 18 Diferentes zonas (aeróbia e anaeróbia) encontradas no perfil da cama

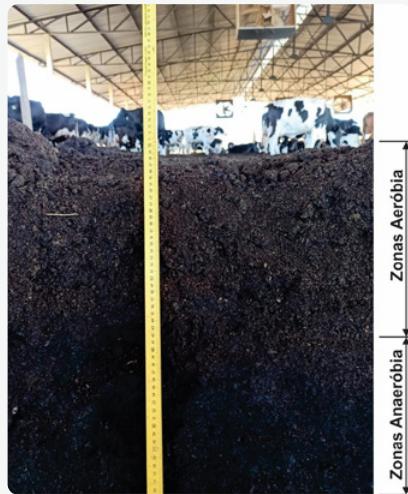


Figura 19 Perfil da cama com diferentes zonas (aeróbia e anaeróbia)

FONTE: Acervo de Flávio A. Damasceno

1.2.4 COMPREENDA O PH

Os principais compostos de origem orgânica utilizados como material de cama na instalação *Compost Barn* são de natureza ácida, como a maravalha, a casca de café, a casca de amendoim, entre outros. Em função disso, em geral, uma cama com material novo tem inicialmente reação ácida. Logo no início do processo de compostagem com a decomposição do material, ocorre a formação de ácidos orgânicos, podendo tornar o meio ligeiramente mais ácido em relação ao pH inicial.



Figura
20

Animal sobre cama de origem orgânica

FONTE: Acervo do Senar

À medida que o processo de compostagem se desenvolve, ocorre a formação de ácidos húmicos, os quais reagem com elementos químicos básicos, aumentando o pH do material da cama e atingindo níveis superiores a 8,0 (DAMASCENO, 2020).

A faixa de pH considerada adequada para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pelo processo de compostagem do material da cama situa-se entre 5,5 e 8,5 (RODRIGUES et al., 2006). As alterações do pH podem ativar ou quase inativar as enzimas presentes nos microrganismos (PRIMAVESI, 1981), o que resulta na possibilidade de redução da atividade microbiológica.

1.2.5 COMPREENDA A TEMPERATURA E A GRANULOMETRIA

A temperatura do material da cama está diretamente relacionada à atividade metabólica dos microrganismos. Esse fator é considerado como um dos mais importantes indicadores da eficiência do processo de compostagem, sendo ele afetado diretamente pela eficiência do revolvimento da cama, pelo teor de umidade e pela disponibilidade de nutrientes (PEREIRA NETO, 1996).

A redução da temperatura da cama pode ocorrer em função da redução ou do aumento da umidade do material, da alteração no pH, da redução na concentração de nutrientes, da relação C/N e da falta de revolvimento ou da realização deste com material ineficiente.

III. CONHECER OS TIPOS DE MATERIAIS DE CAMA

III. CONHECER OS TIPOS DE MATERIAIS DE CAMA



No sistema *Compost Barn*, um dos grandes entraves é o desconhecimento dos materiais mais apropriados para serem utilizados como cama, bem como as suas respectivas propriedades e seus impactos na saúde e no bem-estar dos animais.

Entende-se como cama todo o material distribuído em uma área da instalação que serve de leito de descanso para as vacas e recebe parte dos dejetos produzidos pelos animais.

Os materiais de cama normalmente utilizados consistem em subprodutos agroindustriais ou restos de culturas, que, na maioria das vezes, são produzidos na própria fazenda ou são adquiridos de regiões produtoras. A qualidade do material

utilizado reflete decisivamente no manejo da cama, no conforto dos animais e na qualidade do leite.

O contínuo contato das vacas com a cama exige que o material utilizado apresente qualidades adequadas, proporcionando a elas conforto, de forma a evitar oscilações de temperatura no interior das instalações, que absorva a umidade dos dejetos e facilite as práticas de manejo, visando à maximização da vida útil da cama e promovendo uma boa compostagem do material e seu posterior aproveitamento na adubação do solo.

Devido ao crescente número de instalações *Compost Barn*, tem-se observado a redução da dissipabilidade dos materiais comumente utilizados, principalmente os resíduos de madeira, que tendem a se tornar escassos, elevando os custos de aquisição. Em função disso, os produtores de leite têm utilizado materiais alternativos como material de cama. É sabido, ainda assim, que poucos estudos são conduzidos no Brasil com o intuito de comparar a eficiência dos materiais disponíveis em cada região.

A seguir, serão apresentados os principais materiais utilizados e citados como material de cama em instalações *Compost Barn*.

1. CONHEÇA OS RESÍDUOS DA INDÚSTRIA MADEIREIRA

Grande parte dos resíduos sólidos gerados na cadeia produtiva da madeira provém do processamento da madeira serrada. A quantidade de resíduos gerados pode sofrer variações em função de diversos fatores, como as máquinas utilizadas, o tipo de matéria-prima e as dimensões das toras.

Um dos materiais mais utilizado como material de cama em instalações *Compost Barn*, por conta do elevado conteúdo de carbono e da disponibilidade em diversas regiões, é o resíduo da indústria madeireira, tais como o pó de serra, a serragem e a maravalha.



Figura
21

Resíduo da indústria madeireira utilizado como cama no *Compost Barn*

FONTE: Shuttersotck.

A maravalha é comumente produzida pelo beneficiamento de madeiras como pinus e eucalipto. Caracterizando-se por ser um material com tamanho aproximado de 3 a 5 cm, apresenta um bom poder de absorção, a depender do tipo de madeira utilizado. A disponibilidade da maravalha varia em função da demanda das regiões de indústrias madeireiras, sendo bastante utilizada na Região Sul e Sudeste do Brasil.

A maravalha pode ser adquirida em empresas especializadas; nesses contextos, o material passa por um processo de secagem, para depois ser ensacada. Esse material também pode ser adquirido sem o processamento industrial das empresas especializadas e, portanto, diretamente na forma de madeiras, sendo vendida a granel. Nessa forma, possui teor de umidade mais elevado.

Seu principal inconveniente, a depender da madeira utilizada, é a presença de resinas toxinas. Recomenda-se não utilizar o material com partículas de diâmetro muito grande, pois pode dificultar a decomposição do material pelos microrganismos, além de dificultar o manejo da cama por conta da baixa absorção da umidade dos dejetos.



Figura
22

Maravalha utilizada como material de cama numa instalação *Compost Barn*

FONTE: Shuttersotck.

A serragem é um material constituído por pequenas partículas de madeiras obtidas do “fio de serra”. Como é encontrada em abundância nas madeireiras, muitas vezes sem custo ou com baixo custo, tem sido o material de cama mais utilizado por produtores.

Por sua vez, o pó de serra, resíduo descartado em grande quantidade em serrarias proveniente do corte de madeiras, ganhou novas funções por meio de sua utilização como material de cama em instalações *Compost Barn*. Esse material deve ser evitado, pois, além de compactar de modo muito fácil e absorver muito a umidade, pode dificultar o manejo da cama. Além disso, como o tamanho da partícula é muito pequeno, pode ocorrer aumento de casos de pneumonias nos animais.



Figura
23

Pó de serra utilizado como material de cama
em instalações *Compost Barn*

FONTE: Shuttersotck.

2. CONHEÇA AS PALHAS DE CULTURAS EM GERAL

Enquadra-se nesse tipo de material as palhas de arroz, trigo, cevada, milho, soja, entre outras culturas. Sendo um subproduto da colheita mecânica em fazendas, pode ser encontrada em praticamente todo o país; entretanto, sua presença como material de cama em instalações Compost Barn é mais comum nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. No geral, as palhas de culturas apresentam boa capacidade de absorção e amortecimento.

Para utilizar esses materiais como material de cama, recomenda-se misturá-los com maravalha ou serragem para facilitar o revolvimento e melhorar a capacidade de absorção da umidade.



**Figura
24**

Restos de cultura utilizados como material de cama em instalações *Compost Barn*

FONTE: Acervo de Flávio A. Damasceno.

3. CONHEÇA A CASCA DE ARROZ

A casca de arroz é um material encontrado como resíduo em moinhos beneficiadores de arroz, com grande disponibilidade no Rio Grande do Sul, Goiás e Maranhão. Apresenta certa restrição quanto ao seu uso devido à baixa capacidade de absorção, à aspereza da superfície, que pode irritar a pele dos animais, e à presença de sílica em sua constituição, dificultando o processo de compostagem.



Figura
25

Palha de arroz estocada para ser usada em galpão de Compost Barn

FONTE: Acervo Senar.

4. CONHEÇA AS CASCA DE AMENDOIM

A casca de amendoim é um material com grande disponibilidade em Santa Catarina, Paraná e São Paulo, o que a torna difundida como cama nesses estados.

Apresenta propriedades absorventes, de boa compressão e homogeneidade. Seu uso é restrito, no caso de excesso de umidade, pois pode vir a apresentar contaminação por fungo (*Aspergillus flavus* ou *Aspergillus fumigatus*).

5. CONHEÇA A CASCA DE CAFÉ

A casca de café é um resíduo resultante do processo de beneficiamento do café e apresenta ampla disponibilidade em São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo, sendo observada sua maior utilização como material de cama em instalações *Compost Barn* nesses estados.

Para utilização em nessas instalações, a casca de café deve ser bem seca para a retirada do excesso de umidade, caso contrário, pode se tornar um material pouco absorvente e inadequado para utilização (DAMASCENO, 2020).

IV. SABER A IMPORTÂNCIA DA INTERAÇÃO ENTRE A CAMA E A VACA

IV. SABER A IMPORTÂNCIA DA INTERAÇÃO ENTRE A CAMA E A VACA



Uma das maiores preocupações no sistema Compost Barn é com relação à interação das propriedades da cama (químicas, físicas e microbiológicas) com os animais, que podem afetar a qualidade do bem-estar deles, especialmente no que diz respeito à expressão de comportamento, da sanidade e da produção.

Como as vacas permanecerem grande parte do tempo deitadas, a superfície das camas torna-se uma das principais interações com o seu ambiente. No entanto, é possível que isso represente uma ameaça para a saúde das vacas, pois os diferentes materiais utilizados como cama podem apresentar diferentes microrganismos e ocasionar mastite. As camas

orgânicas (serragem e maravalha), que normalmente são utilizadas em instalações Compost Barn, permitem uma maior velocidade de multiplicação de microrganismos em comparação às camas inorgânicas (areia, como exemplo), principalmente devido à disponibilidade de nutrientes, como carbono, para os microrganismos presentes no material orgânico.

O tipo de superfície de cama e seu manejo são fundamentais para manter a baixa incidência de claudicações, lesões e má higiene do úbere (COOK et al., 2016). No entanto, o material utilizado na cama também pode afetar o tempo que as vacas permanecem deitadas e, consequentemente, a saúde do úbere. Vacas alojadas em ambientes confortáveis podem permanecer mais de 12 horas deitadas (PEREIRA, 1996).

Quando as vacas são mantidas em um local com alta carga de dejetos em uma pequena área de cama, pode ser criada uma condição de excessiva compactação e umidade na cama. Nesse caso, os animais são facilmente expostos a possíveis contaminações que comprometem a saúde da glândula mamária (BEWLEY et al., 2012).

1. CONHEÇA OS BENEFÍCIOS DA CAMA PARA SAÚDE DAS VACAS

O manejo adequado de camas em sistema Compost Barn pode contribuir para o conforto da vaca, a redução de problemas de casco, a saúde do úbere e a qualidade do leite. Uma cama com superfície limpa e seca permite manter a limpeza das vacas, inibindo o crescimento e a transferência de microrganismos para a pele do úbere dos animais. Além disso, uma cama bem manejada e confortável inibe a formação de lesões, eleva o tempo que os animais ficam deitados, facilita a troca de calor com o ambiente e reduz a mastite ambiental, sendo esta umas das principais causas de prejuízos na atividade leiteira.

A utilização de materiais como serragem e maravalha tem apresentado bons resultados em relação ao conforto das vacas. Entretanto, alguns cuidados são necessários para utilizar qualquer matéria orgânica como material de cama, tais como o teor de matéria seca, a aspereza, a absorção de umidade e o tamanho das partículas, que podem alterar o grau de sujidade das vacas e o risco de mastite. O produtor deve sempre utilizar uma cama que tenha crescimento microbiológico baixo, com facilidade de limpeza e manutenção e, preferencialmente, de reduzido custo de aquisição.

O tamanho das partículas do material da cama tem influência no crescimento de microrganismos, pois quanto menor esse tamanho, maior será o crescimento de patógenos, exigindo manutenção mais intensa da cama. Além disso, as partículas muito finas são mais propensas a aderir à pele da região do úbere, principalmente nos tetos da vaca, aumentando o risco de contaminação por mastite. Por sua vez, materiais com tamanho maior de partículas proporcionam crescimento mais lento de microrganismos.

Alguns materiais de cama, como o esterco seco, são excelentes meios para o crescimento de microrganismos, tornando-se inadequado para utilização em sistema *Compost Barn* devido ao aumento do risco à saúde da vaca, pelo aparecimento de novos casos de mastite ambiental.



Figura
26

Cama rica em material orgânico / dejetos bovinos

FONTE: Shutterstock.

Pesquisas têm demonstrado que, em locais da cama onde a umidade (superior a 60%) e a temperatura (inferior a 35 °C) não são adequadas para o processo de compostagem, maior será a exposição dos animais aos patógenos ambientais e maior será também a incidência de mastite.

Outro benefício que o material da cama pode trazer, desde que seja macio e confortável, é a redução de problemas de casco, devido ao fato de os animais permanecerem mais tempo em pé numa superfície mais macia do que numa de concreto. Além disso, no sistema *Compost Barn*, as vacas possuem mais espaço, o que permite que expressem seus comportamentos naturais, principalmente de se deitar, locomover e levantar.



Figura
27

Vacas deitadas e ruminando, um bom indicativo
do padrão de conforto da cama

FONTE: Acervo Senar.

Com a redução de problemas de casco, as vacas podem apresentar maior facilidade de manifestação de cios, melhorando a taxa de detecção de cio pelos tratadores. Em pesquisa realizada por Eckelkamp e colaboradores (2016), foi demonstrado que as taxas de detecção de cio aumentaram de 36,9% para 41,4% e as taxas de concepção aumentaram de 13,2% para 16,5% quando as vacas foram trocadas do sistema de **Free Stall** para o de **Compost Barn**.

V. APLICAR AS TÉCNICAS OPERACIONAIS NA CAMA

V. APLICAR AS TÉCNICAS OPERACIONAIS NA CAMA



Considerada como um dos pontos principais para o sucesso do *Compost Barn*, a escarificação (revolvimento) da cama é sem dúvida uma das maiores dificuldades encontradas pelo produtor que adota esse sistema. Isso porque tal procedimento engloba diretamente técnicas específicas de manejo da cama, necessitando de diversos fatores para sua realização, tais como: a quantidade de vezes necessária para se revolver a cama, a qualidade do revolvimento, a profundidade do revolvimento e a seleção correta de implemento. Nesse processo, também é preciso considerar os meios de monitoramento dos parâmetros de controle da cama, sua vida útil e a necessidade de troca do material, incluindo as oportunidades econômicas envolvidas no destino da cama após a validade de seu uso.

1. CONHEÇA O PROCESSO DE ESCARIFICAÇÃO

A escarificação consiste no processo de agitação (mistura) de parte do material depositado na área de cama. Para isso, o produtor utiliza um equipamento (escarificador, enxada rotativa, entre outros) o qual, acoplado ao trator, puxa ou empurra hastes mecânicas, que penetram no material da área e revolvem a cama. O processo é utilizado na cama com objetivo de descompactar a camada superior, oxigenando e auxiliando a secagem do material.



Figura
28

A escarificação é um dos postos-chave para o sucesso no manejo da cama

FONTE: Acervo Senar.

2. SAIBA O MODO DE FAZER A ESCARIFICAÇÃO

Primeiramente, o produtor deve selecionar qual o implemento a ser utilizado no processo de revolvimento da cama. No caso de implementos com hastas (por exemplo, o escarificador), é importante que se observe principalmente o tamanho das hastas que serão introduzidas na cama. Logo em seguida, o produtor deve verificar a profundidade da cama, escavando ou introduzindo alguma barra de metal até tocar o solo. No Brasil, a maioria dos produtores de leite inicia suas camas com uma profundidade de 0,20 a 0,40 m (DAMASCENO, 2020). Esses dados são importantes para determinar a profundidade do revolvimento, evitando que as hastas do implemento revolvam também o solo abaixo da cama.

3. CONHEÇA OS PRINCIPAIS IMPLEMENTOS UTILIZADOS NA ESCARIFICAÇÃO DA CAMA

O implemento agrícola (grade de disco, enxada rotativa ou escarificador) deve ser então acoplado à barra de tração ou ao sistema hidráulico de três pontos e à tomada de potência de um trator. Após tal procedimento, deve-se iniciar o revolvimento da cama, sempre com baixa velocidade e em movimentos retilíneos ao longo do conjunto. Deve-se evitar que sejam realizadas curvas com o trator com implemento

introduzido na cama, podendo ocasionar o maior desgaste das hastes e até mesmo, a depender da umidade da cama, o empenamento da estrutura.



FONTE: Acervo Senar.

4. SAIBA A FREQUÊNCIA DE REVOLVIMENTO

O revolvimento deve ser realizado de duas a três vezes por dia, enquanto os animais estão sendo ordenhados (BEWLEY *et al.*, 2012; DAMASCENO, 2020). Além disso, o revolvimento é importante para auxiliar o processo de secagem do material da cama, mantendo sua superfície mais seca e macia para os animais se deitarem logo após o retorno da sala de ordenha.



Figura
30

Processo de revolvimento da cama do *Compost Barn*

FONTE: Acervo Senar.

5. CONHEÇA OS EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

Para o processo de revolvimento, normalmente utiliza-se o implemento agrícola presente na fazenda, podendo ser grade de disco, enxada rotativa ou escarificador. Cada implemento agrícola possui características construtivas distintas, que fornecem diferentes resultados no processo de revolvimento da cama.

Para o revolvimento da cama, não se recomenda a utilização do arado de aiveca, pois este implemento faz a inversão completa das camadas mais profundas da cama, não misturando os dejetos de forma uniforme, além de formar torrões muito grandes.

A seguir, serão detalhadas as características dos três principais implementos agrícolas mencionados, além dos implementos híbridos utilizados no revolvimento da cama:

a. **Escarificadores:** são implementos comumente utilizados para a movimentação da cama sem que haja revolvimento excessivo. É um implemento capaz de romper camadas compactadas e adensadas da cama em profundidades maiores, quando comparadas às camadas revolvidas por outros equipamentos de manejo periódico da cama.

O escarificador fragmenta a cama com a formação de grandes fissuras, sem a inversão do material presente nas camadas mais profundas. Sua atuação no processo de revolvimento da cama permite a quebra da estrutura do material a uma profundidade de 0,20 a 0,40 m, diminuindo a compactação, aumentando a capacidade de infiltração de oxigênio na cama e promovendo uma camada de compostagem aeróbica ativa mais profunda.

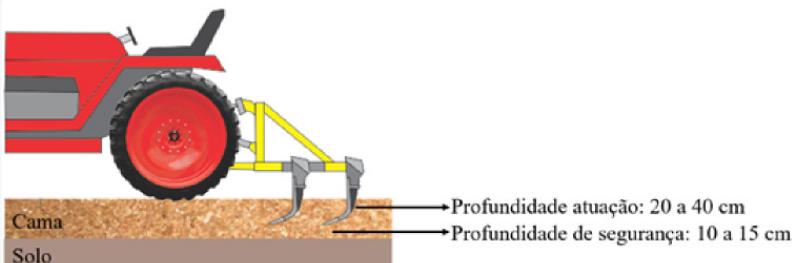


Figura
31

A profundidade de revolvimento do escarificador depende do tamanho da haste

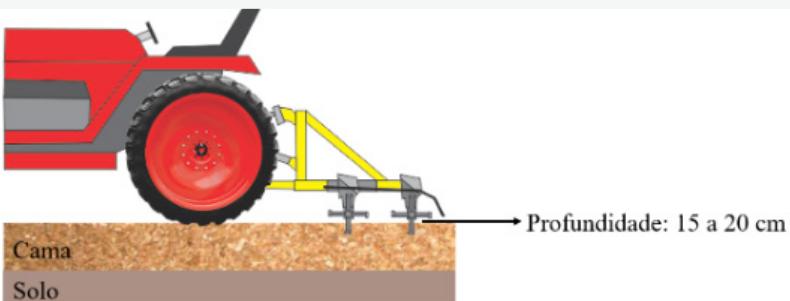
FONTE: : Damasceno (2020).

Muita cautela deve ser dada ao se utilizar o escarificador para revolver a cama, pois, a depender da profundidade desta e do tamanho das hastes do escarificador, poderão ocorrer alguns entraves, tais como: a haste do implemento atingir a base, podendo abalar a estrutura da instalação; o empenamento ou a quebra das hastes do implemento, se a base da instalação for de concreto; e a adição de solo e cascalho ao material da cama.

Atualmente, esse implemento agrícola pode ser considerado o mais utilizado no manejo da cama em instalações *Compost Barn* (RADAVELLI, 2018; OLIVEIRA et al., 2019).

b. Enxadas rotativas: são máquinas agrícolas ativas para a movimentação do solo; porém, têm sido bastantes empregadas no manejo da cama em instalações de *Compost Barn* por incorporar melhor os dejetos sobre a superfície da cama, permitindo uma maior uniformidade superficial. Essas são máquinas montadas e acionadas pela tomada de potência do trator, cujo princípio de ação é a rápida rotação das lâminas, que cortam o material da cama em fatias que são projetadas em direção a uma chapa localizada na parte traseira do equipamento para que possam ser fraturadas em partículas menores.

Normalmente, as máquinas apresentam uma placa de impacto de borracha, cuja função é proteger o operador e reduzir a desagregação do material da cama. A depender da umidade da cama, a enxada rotativa pode causar grande pulverização do material da cama, aumentando a concentração de poeira. O principal inconveniente do uso de enxadas rotativas no manejo da cama é o elevado rompimento do material em partículas menores, aumentando a compactação e absorção de umidade, o que acelera a degradação biológica da cama. Outra atenção que deve ser dada ao uso de uma enxada rotativa é de se realizar as operações de revolvimento sempre na mesma profundidade, pois isso pode causar a formação de uma camada compactada, conhecida como pé de arado, proporcionada pela raspagem e compactação das lâminas na cama.



**Figura
32**

A enxada rotativa permite um revolvimento mais uniforme, porém menos profundo

FONTE: Damasceno (2020).

- c. **Grade de disco:** entre os principais implementos utilizados no revolvimento da cama, a grade de disco é o que possui a menor eficiência. No entanto, a grade de disco é o implemento de preparo periódico do solo mais usado no Brasil devido à sua facilidade de confecção e à boa adaptação às variadas condições de solos, além de ser versátil.



Figura
33

Grade de disco utilizada no revolvimento da cama

FONTE: : Acervo do Senar.

Em geral, as grades de discos são providas de diversos discos, lisos ou recortados, cujo diâmetro varia de 45 a 80 cm, e podem manejar a cama na profundidade de 5 a 20 cm, apresentando largura de corte por disco de 15 a 40 cm.

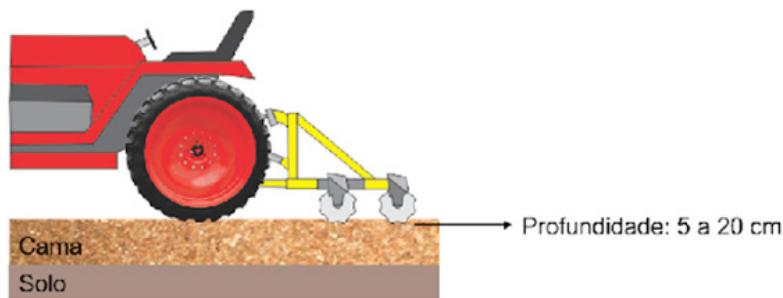


Figura
34

Grade de disco utilizada no revolvimento da cama

FONTE: Damasceno (2020).

d. Implementos híbridos: com o crescente mercado Compost Barn no Brasil, surgiu a necessidade de desenvolvimento de implementos adaptados para realizar os procedimentos de revolvimento da cama de modo mais eficiente. Assim, comercialmente podem ser encontrados diversos modelos híbridos com dois ou mais mecanismos de revolvimento num mesmo implemento. Normalmente, são implementos que misturam o material da cama, apresentando melhores resultados quando comparados aos de outros implementos isolados, por quebrar menos as partículas do material, aumentando a vida útil da cama.



(A)



(B)

**Figura
35**

Comercialmente, existem diversos tipos de implementos híbridos para manejo de cama em instalações Compost Barn.

Legenda: (a) escarificador com rolo destorrador e; (b) implemento que levanta a cama e um conjunto de lâminas revolvem o material.

FONTE: Damasceno (2020).

6. CONHEÇA O MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS DE CONTROLE DA CAMA (UMIDADE E TEMPERATURA)

O monitoramento dos parâmetros de controle da cama deve ocorrer frequentemente, devendo ser verificadas principalmente a umidade e a temperatura.

A umidade da cama deve ser monitorada pelo menos uma vez ao dia, verificando se se situa na faixa entre 40% e 60%. Para isso, pode-se utilizar um método rápido para determinar o teor da cama, conhecido como o teste da mão.

Para realizar este teste, deve-se, primeiramente, coletar uma pequena quantidade da cama e apertar com a mão.



**Figura
36**

Coleta de amostra de cama para determinar a umidade

FONTE: Acervo do Senar.

Logo após, deve-se abrir a mão e observar as características físicas do material:

- a)** Se o material da cama está pulverulento (ou seja, granuloso ou em estado de pó fino) e não retém a forma feita pela mão, a cama está muito seca; .
- b)** Se o material da cama retém a forma feita pela mão e se fragmenta quando derrubada no chão de modo fácil, o teor de umidade é considerado adequado;.



(A)



(B)

Figura
37

Material da cama com diferentes teores de umidade.

Legenda: (a) muito baixa; e (b) adequado para o processo de compostagem.

FONTE: Acervo do Senar.

c) Se o material é modelável e apresenta consistência plástica, saindo gotas de líquido entre os dedos ao ser espremido e permanecendo compactado e indivisível, o teor de umidade está elevado e, portanto, é considerado inadequado, com probabilidade de compactação.



Figura
38

Material da cama com teor de umidade elevado.

FONTE: Acervo do Senar.

Um método mais preciso de verificação da umidade é a utilização de uma estufa, onde se deve pesar a massa úmida (M_u) da cama, colocá-la na estufa a 105 °C por 24 horas e, em seguida, pesar a massa seca (M_s). O teor de umidade (T_u) pode ser calculado pela equação a seguir.

$$T_u = \frac{M_u - M_s}{M_u} \times 100$$

Onde: T_u : teor de umidade (%); M_u : massa de material úmido (g); e M_s : massa de material seco (g).



(A)



(B)



(C)

Figura
39

Determinação do teor de umidade pelo método da estufa.

Legenda: (a) pesagem da amostra de cama úmida; (b) estufa com material da cama; e (c) pesagem da amostra de cama seca.

FONTE: Acervo de Flávio A. Damasceno.

O monitoramento da umidade da cama deve ser realizado antes que a temperatura da cama comece a cair, pois, como consequência disto, pode ocorrer piora no nível de higiene dos animais e aumento do risco de mastite ambiental. Assim, o controle da umidade da cama depende do gerenciamento diário da umidade, do efeito da adição de cama nova, da taxa de lotação de animais, do processo de revolvimento da cama e da taxa de ventilação.

No caso da temperatura da cama, esta pode ser monitorada em conjunto com a umidade, por meio de um termômetro do tipo espeto, normalmente utilizado com fins culinários. A haste desse sensor deve ter, no mínimo, 15 cm de comprimento. Para o monitoramento da temperatura, deve-se introduzir a haste do sensor e esperar que a leitura seja estabilizada. Tal procedimento deve ser realizado em pelo menos 9 (nove) diferentes pontos da cama, anotando os valores obtidos em cada ponto. O ideal é que a temperatura da cama esteja entre 35 e 60 °C.



Figura
40

Processo de medição da temperatura da cama

FONTE: Acervo do Senar.

7. CONHEÇA OS AJUSTES DO VENTO SOBRE A CAMA PARA CONTROLE DE UMIDADE

Como mencionado anteriormente, o manejo da cama depende do gerenciamento diário da umidade, do efeito da adição de cama nova, da taxa de lotação de animais, do processo de revolvimento da cama e da taxa de ventilação. Nessa perspectiva, a taxa de ventilação é entendida como o volume de ar trocado no ambiente em um determinado período.

Materiais de cama com comprimentos longos (como talos de milho, resíduos de feno, de aveia, de cevada e palha de trigo) tendem a reter muita água, e, no caso de uso deles, a secagem pode ser lenta, havendo necessidade de se intensificar o manejo da cama e aumentar a taxa de ventilação.

As condições climáticas do local também podem influenciar no manejo da cama. Assim, em locais onde a umidade relativa média é elevada, deve-se adotar uma densidade de alojamento maior e aumentar a taxa de ventilação (LESO *et al.*, 2020).

As taxas de ventilação com velocidades de ar elevadas produzem maiores taxas de transferência de calor por convecção. Em sistemas de confinamento de bovinos leiteiros, normalmente são adicionados ventiladores para

aumentar a velocidade do ar e a taxa de ventilação que passa sobre os animais. Uma velocidade do ar de 2,0 a 3,0 m/s sobre a superfície da cama permite reduzir o estresse térmico dos animais, além de auxiliar a secagem superficial da cama.



Figura
41

Posicionamento do anemômetro para aferição
da velocidade do ar



Figura
42

Leitura da velocidade do ar

FONTE: Acervo do Senar.

8. CONHEÇA O CONTROLE DE ECTOPARASITAS NA CAMA

Considerado como a estação mais chuvosa do Brasil, o verão caracteriza-se normalmente por apresentar condições de umidade relativa mais elevada, devido aos altos índices de chuvas. Assim, tal condição climática dificulta o manejo da cama em instalações *Compost Barn* por conta do aumento da umidade da cama, capaz de provocar odores e desenvolver problemas causados pela proliferação de ectoparasitas, como a mosca-doméstica (*Musca doméstica*) e a mosca-de-estábulo (*Stomoxys calcitrans*).

As moscas podem se tornar um grande incômodo aos animais, impactando a produção de leite e gerando consequentes perdas na qualidade. Nesse período de altas temperaturas do ar e de umidade relativa elevada, observa-se o aumento de problemas causados pelas moscas nas instalações, o que causa preocupação aos produtores, que buscam por soluções para controle dos ectoparasitas.

As moscas podem atuar como disseminadoras de agentes patogênicos nas vacas como vírus, bactérias, fungos, parasitas, entre outros.

Caso o animal apresente alguma ferida na pele, pode ocorrer o aparecimento de berne, que é uma pequena larva

de mosca capaz de enfraquecer os animais por conta de seu parasitismo, o que diminui a produção de leite das vacas e pode ainda estragar o couro.

Para evitar a proliferação de ectoparasitas em instalações *Compost Barn*, medidas simples como a limpeza periódica do corredor de alimentação e o manejo de revolvimento adequado da cama podem garantir o controle das larvas.



Figura
43

Corredor de alimentação e arredores devidamente limpos e em bom estado de manutenção

FONTE: Acervo do Senar.

9. CONHEÇA A VIDA ÚTIL E TROCA DE CAMA

A retirada parcial ou total do material de cama é, sem dúvida, o maior entrave encontrado no sistema Compost Barn. O acúmulo por um longo período e a necessidade da retirada rápida do material de cama para o retorno dos animais à instalação, de modo que não impacte a produção do leite, necessita de mão de obra e maquinário especializado para que o processo não se torne inviável (SIQUEIRA, 2013).

Em alguns casos, observa-se que os produtores preferem retirar uma pequena parte da cama ou até mesmo não a retirar, o que aumenta a possibilidade de piora na qualidade da cama, verificando-se também maior produção de amônia, o que prejudica muito a qualidade do ar no interior da instalação (BEWLEY et al., 2012).

Existem duas principais condições para a retirada parcial ou total da cama da instalação: a) quando o meio não tem condições adequadas para o desenvolvimento dos microrganismos, reduzindo assim o processo de compostagem da cama; e b) quando se adiciona material novo na cama por um longo período e o volume total acaba não sendo comportado pela região designada à cama, espalhando-se para fora da instalação e para o corredor de alimentação. Assim, para evitar que o material da cama

atinja esse limite, deve-se providenciar a retirada parcial ou total do material. Para isso, podem ser utilizados tratores com pá carregadeira e caminhões.

(A)



(B)



Figura
44

Troca da cama.

Legenda: (a) processo de retirada; e (b) adição de material de cama.

FONTE: Acervo do Senar.

Para acelerar o processo de compostagem da cama, devem ser reservados cerca de 5,0 a 10,0% do material retirado (camada superior da cama) para ser utilizado na reposição da cama nova. O ideal é conciliar a retirada do material com a época de plantio para aproveitamento do resíduo na lavoura.

10. CONHEÇA O DESTINO DA CAMA

E OPORTUNIDADES ECONÔMICAS

Uma alternativa rentável e sustentável para o produtor de leite é a utilização do material da cama, após a retirada, na adubação do solo. Esse material pode ser distribuído na área de lavoura e pastagem ou vendido para produtores de hortaliças como adubo, diminuindo, assim, os gastos com aquisição de adubos químicos.

(A)



(B)



Figura
45

Destino da cama após a retirada da instalação Compost Barn.

Legenda: (a) Material da cama a ser utilizado nas pastagens; e (b) utilizado no cultivo de hortaliças.

FONTE: Minicurso do Senar.

Recomenda-se, antes de utilizar o material da cama, armazená-lo em local protegido da chuva e do sol para que seja finalizada a maturação do material. Nesse caso, podem ser formadas algumas leiras de 1,5 m de altura, que devem ser revolvidas uma vez por semana.

Logo após a maturação do material, é possível distribui-lo uniformemente na área a ser cultivada por meio de uma máquina distribuidora de calcário.

VI. CONHECER A PECUÁRIA DE PRECISÃO NO SISTEMA *COMPOST BARN*



VI. CONHECER A PECUÁRIA DE PRECISÃO NO SISTEMA *COMPOST BARN*

A seguir, estão apresentadas as tecnologias mais comumente usadas, no sistema de *Compost Barn*, para monitoramentos gerais nas instalações (dando ênfase ao monitoramento e à verificação do microclima e do rebanho) e para a gestão de dados de produção e reprodução.

1. CONHEÇA AS TECNOLOGIAS UTILIZADAS PARA MONITORAMENTOS GERAIS NO GALPÃO

Os principais desafios no monitoramento eficaz do bem-estar animal giram em torno de três fatores principais: custo; validade; e descoberta de oportunidades. Nesse âmbito, os criadores de bovinos leiteiros frequentemente contam com as observações dos tratadores para detectar os problemas de saúde e bem-estar das vacas.



Figura
46

Orientações técnicas para os pontos de atenção
no manejo com os animais

FONTE: Acervo do Senar.

Para auxiliar os produtores, a tecnologia de precisão tem sido implementada com o intuito de melhorar o gerenciamento do rebanho, mensurando os indicadores produtivos, comportamentais e fisiológicos, tendo por finalidade a melhoria da saúde, da produtividade e do bem-estar dos animais (STEEENEVELD *et al.*, 2015).

Essa tecnologia utiliza princípios de engenharia de processos para automatizar a criação dos bovinos, permitindo aos fazendeiros monitorar grandes populações de animais e detectando problemas com animais individuais em tempo hábil, sendo capaz de até mesmo antecipar problemas antes que eles ocorram com base em dados anteriores (NEETHIRAJAN; KEMP, 2021).



**Figura
47**

Orientações técnicas quanto à manutenção e operação dos equipamentos

FONTE: Acervo do Senar.

Normalmente, essa tecnologia de precisão utiliza sensores para monitoramento de sistemas de produção, sendo descrita a partir de seis níveis de desenvolvimento e utilização:

- a. **Sensor:** utilizado para mensurar algum parâmetro do ambiente (por exemplo: temperatura do ar) ou do animal (por exemplo: comportamento), resultando num conjunto de dados;
- b. **Interpretação dos dados:** são as alterações ou os registros observados no conjunto de dados gerados pelo sensor para obter uma informação sobre a condição atual do ambiente (por exemplo: ambiente confortável ou em desconforto térmico) ou animal (por exemplo: vaca deitada ou em pé);
- c. **Integração dos dados:** as informações produzidas pelo sensor são adicionadas a outros dados (por exemplo: custo energético) para auxiliar o planejamento de alguma componente pertencente ao sistema de produção;
- d. **Transmissão dos dados:** as informações coletadas pelo sensor e codificadas pelo sistema são transmitidas aos diversos elementos presentes na instalação para atuar de modo a garantir melhores condições para os animais;
- e. **Tomada de decisão:** nessa fase, o produtor ou o sistema decidirá (de modo autônomo) as ações que deverão ser seguidas (por exemplo: ligar ou desligar o ventilador; aumentar ou diminuir a rotação, entre outras); e

- f. **Visualização dos dados:** as informações são apresentadas (no celular, no computador, entre outros dispositivos) ao produtor de modo simplificado (por meio de gráficos, tabelas, figuras, entre outros meios) para a atuação na melhoria da produção de leite.

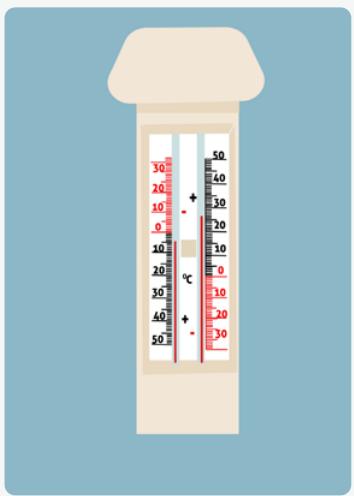
O uso de tecnologias de precisão está se tornando uma prática cada vez mais comum em fazendas produtoras de leite (PEREIRA et al., 2018). Atualmente, entre os principais parâmetros monitorados estão aqueles relacionados à produção de leite (volume, composição, temperatura, condutividade, presença de sangue e contagem de células somáticas), ao comportamento dos animais (tempo descansando, ruminação, consumo de alimentos e água, medidores de atividade para detecção de cio), a problemas de casco e à pesagem corporal das vacas. Ademais, vários outros parâmetros estão sendo propostos ou encontram-se em desenvolvimento.

1.1 SAIBA COMO REALIZAR O MONITORAMENTO DO MICROCLIMA

O monitoramento do microclima em instalações *Compost Barn* é uma importante inovação para a tomada de decisão do produtor tanto no planejamento, quanto na orientação dos procedimentos diários da atividade leiteira. Essas variáveis do microclima (a temperatura do ar, a umidade

relativa, a velocidade do vento, entre outras) modificam-se diariamente e devem ser monitoradas constantemente.

A temperatura do ar é a variável mais fácil de ser mensurada, sendo utilizado o termômetro como instrumento de medida. Comercialmente, existem vários tipos e modelos de termômetros que permitem registrar manualmente a temperatura do ar. Existem sensores que permitem monitorar automaticamente essa variável em períodos predeterminados; entretanto, o custo de aquisição é bem maior, e eles devem ser bem calibrados, de modo a não apresentar erros quando utilizados na instalação.



(A)



(B)

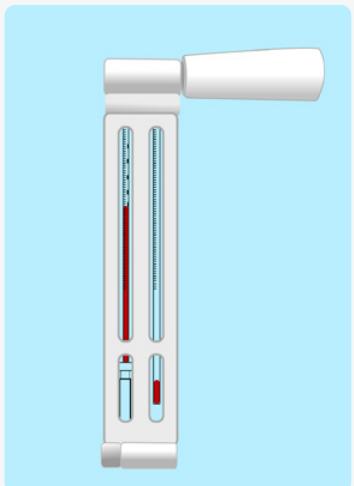
**Figura
48**

Diferentes tipos e modelos de termômetros.

Legenda: (a) termômetro de temperatura máxima e mínima;
e (b) termômetro digital.

FONTE: Acervo do Senar.

No caso da umidade relativa do ar, utiliza-se um sensor conhecido como termo-higrômetro ou um psicrômetro, que possui dois termômetros semelhantes, um chamado de bulbo seco e outro de bulbo úmido.



(A)



(B)

**Figura
49**

Sensores utilizados para medir a umidade relativa do ar.

Legenda :a) psicrômetro e b) termo-higrômetro

FONTE: Acervo do Senar.

Esses sensores devem ser colocados sempre nos locais onde os animais são mantidos e à meia altura do corpo deles, próximo ao centro de massa, para melhor caracterizar o microclima ao qual o animal está exposto. Desse modo, para bezerros, novilhas e animais adultos, os sensores devem se situar a 0,8, 1,2 e 1,5 m de altura, respectivamente (DAMASCENO et al., 2020).

No caso da velocidade do vento, os sensores utilizados para a medição são os anemômetros. Atualmente, existem diversos modelos de anemômetros, e cada modelo apresenta características peculiares a cada processo de medição e destinadas a cada tipo de aplicação. Assim, para a medição da intensidade do vento em instalações animais, podem ser usados os anemômetros de copo (caneca), de hélice, de fio quente, a laser e ultrassônicos.

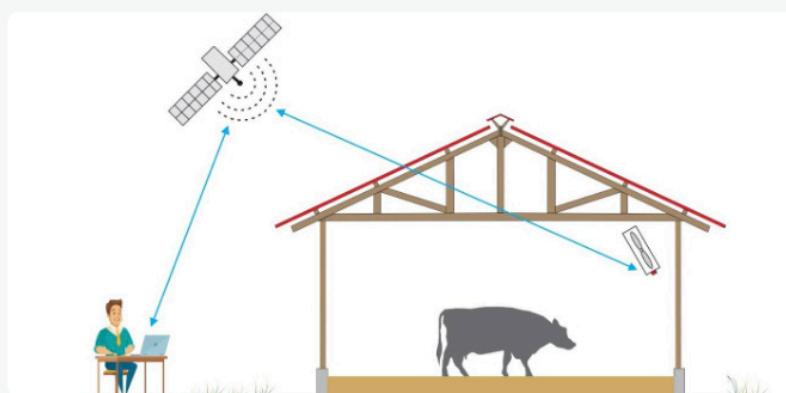


Figura
50

Modelo de anemômetro utilizado para a medição da velocidade do ar

FONTE: Acervo do Senar.

Algumas empresas de ventilação têm utilizado os sensores de temperatura do ar e os de umidade relativa para atuar na dinâmica de funcionamento dos ventiladores. Para isso, são acoplados termo-higrômetros nos ventiladores e, de acordo com as condições do microclima interno da instalação, classificam-se as condições de conforto dos animais, enviando informações para que os ventiladores acessem ou não a rotação de suas hélices, inclusive com possibilidade de controle da velocidade dos ventiladores. Com isso, o produtor de leite pode verificar e atuar no funcionamento e desempenho dos ventiladores pelo celular, resultando numa economia de energia superior a 40%.



**Figura
51**

Esquema de funcionamento do sistema de controle, gerenciamento e transmissão de dados do sensor de temperatura do ar fixado no ventilador

FONTE: Acervo de Flávio A. Damasceno.

1.2. CONHEÇA AS TECNOLOGIAS DE MONITORAMENTO DE REBANHO NO GALPÃO

Os níveis de pH no rúmen desempenham um papel essencial no processo digestivo e na produção de leite de uma vaca. Quando o nível de pH do rúmen fica abaixo de 5,8, pode ocorrer o retardo no crescimento de microrganismos do rúmen, o que diminui a produção de leite. Em casos graves, os baixos níveis de pH do rúmen podem causar acidose, e o bovino pode adoecer ou até mesmo morrer. Assim, dispositivos eletrônicos têm sido utilizados para monitorar o pH do rúmen e do leite da vaca, auxiliando o produtor no preparado da dieta e na melhoria da qualidade do leite.

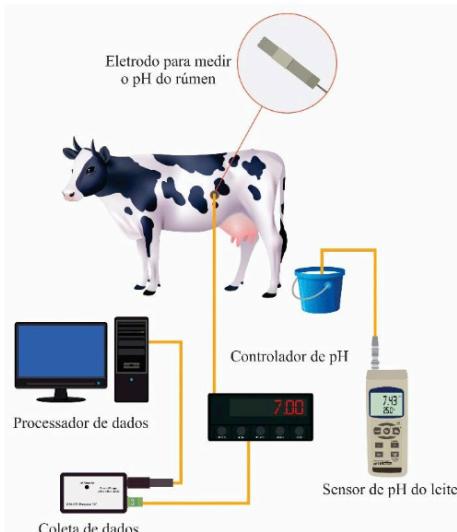


Figura
52

Dispositivo para mensurar o pH do rúmen e leite de vacas em tempo real

FONTE: Omega, 2020.

Os pedômetros, que são sensores acelerômetros, possuem uma boa precisão e normalmente são utilizados para medir a duração de tempo em que os animais estão deitados e caminhando (ALSAOOD; NIEDERHAUSER; BEER; ZEHNER; SCHUEPBACH-REGULA; STEINER, 2015). Esses sensores armazenam os dados diários dos comportamentos dos animais, que são transmitidos ao dispositivo do produtor (por exemplo: durante a ordenha, os resumos são transmitidos para o software de gerenciamento da fazenda). Eles têm sido muito usados na pecuária leiteira, principalmente para medir a atividade relacionada ao comportamento do estro dos animais.

O monitoramento do comportamento de se deitar também pode ser útil para avaliar o conforto dos bovinos, já que o maior tempo deitado está associado a uma melhor condição de conforto. Nesse caso, um sensor acelerômetro é afixado na perna da vaca e outro, na cabeça ou no pescoço, quantificando a qualidade do repouso dos animais (HALACHMI; GUARINO; BEWLEY; PASTELL, 2019).



Figura
53

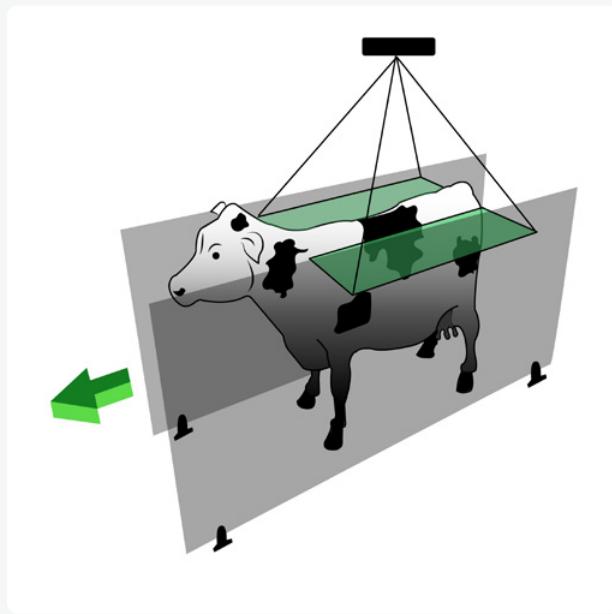
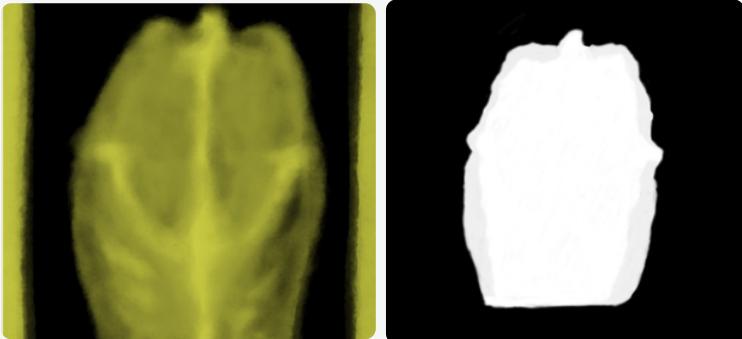
Acelerômetro para monitoramento da vaca.

FONTE: Acervo de Flávio A. Damasceno.

Com base na inovação tecnológica, algumas fazendas leiteiras têm utilizado a condição corporal na avaliação do manejo da nutrição, da saúde e da inseminação dos animais. A avaliação da condição corporal realizada visualmente por humanos tem sido considerada demorada e imprecisa por conta da pouca experiência e do baixo treinamento do observador, exigindo, para tanto, custos adicionais para que seja feita por profissionais especializados.

Nesse sentido, atualmente alguns dispositivos de imagem são usados para auxiliar nesse processo de avaliação da condição corporal do animal. Entre esses, as câmeras digitais, ou câmeras de vigilância, são os mais utilizados, capturando ondas eletromagnéticas dentro do espectro de luz visível para gerar imagens digitais (coloridas ou em tons

de cinza). No entanto, também existem outras tecnologias utilizadas para aplicações mais específicas, como os dispositivos baseados em infravermelho, o ultrassom e a radiação ionizante. Além disso, algumas dessas ferramentas podem gerar resultados mais complexos de imagens e com custo de equipamento maior, como as imagens tridimensionais (3D).



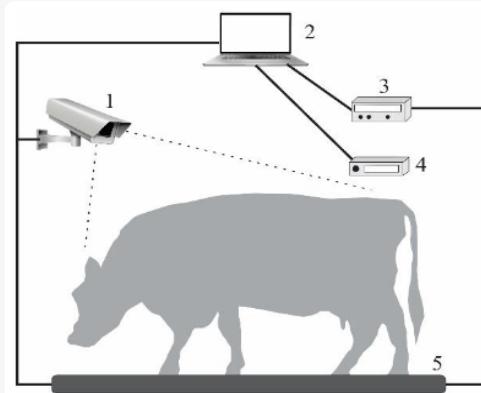
**Figura
54**

Exemplo de monitoramento automatizado do escore de condição corporal (ECC) em vacas de leite

FONTE: Acervo do Senar, adaptado de Hansen et al. (2018)

As câmeras tridimensionais (3D) também têm sido utilizadas em ordenhas comerciais robotizadas. Essas câmeras 3D auxiliam o processo de acoplamento das máquinas de ordenha às tetas das vacas, além de monitorarem a condição corporal, o calor e o consumo de ração, o que as torna uma das tecnologias revolucionárias na produção de leite.

A tecnologia de imagem para a avaliação da condição corporal e para as medições de peso corporal do animal também tem auxiliado as análises com base morfológica, fornecendo novas medições de características de tamanho corporal e conformação do úbere e perna e ajudando na padronização dessas características.



**Figura
55**

Esquema do sistema de aquisição de imagem da vaca com uma câmera tridimensional (3D) e uma balança de pesagem.

Legenda: 1: Câmera 3D; 2: Computador; 3: Indicador de peso;
4: Receptor; e 5: Balança de pesagem.

FONTE: Adaptado de Song *et al.* (2017).

A claudicação é uma das doenças que mais prejudicam o bem-estar e a produtividade das vacas (SCHLAGETERTELLO; BOKKERS; GROOT KOERKAMP; VAN HERTEM; VIAZZI, 2014), perdendo apenas para a mastite (BOOTH; WARNICK; GRÖHN; MAIZON; GUARD; JANSSEN, 2004). A detecção da claudicação severa é relativamente fácil; entretanto, quando o animal tem grave problema no casco, o tratamento bem-sucedido pode ser difícil. Assim, sistemas com visão tridimensional associado à produção animal e parâmetros relacionados ao comportamento têm sido utilizados no monitoramento de vacas para detectar casos mais leves e subclínicos de claudicação. A utilização desse sistema automatizado tem trazido benefícios a longo prazo por incluir o fornecimento de uma nova característica a ser usada na seleção genética de animais menos propensos a problemas de casco.

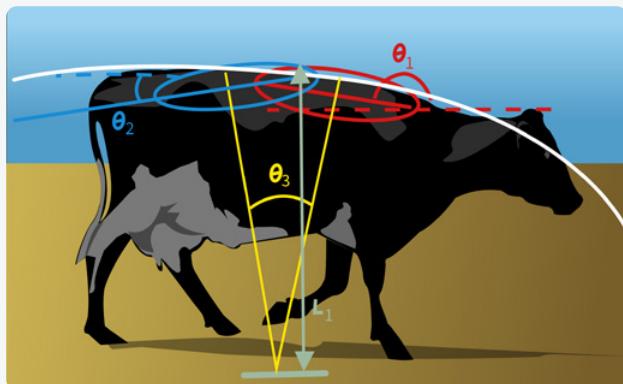


Figura
56

Sistema de monitoramento da claudicação das vacas utilizando a visão computacional

FONTE: Acervo do Senar adaptado de Firk et al. (2002).

2. CONHEÇA AS TECNOLOGIAS UTILIZADAS PARA GESTÃO DE DADOS PRODUTIVOS E REPRODUTIVOS UTILIZADOS NO COMPOST BARN

Para melhorar o incremento da produção de leite, diversos dispositivos têm sido desenvolvidos e testados com o intuito de aprimorar o manejo animal e o ambiente de criação, bem como a nutrição, a sanidade, a genética e a reprodução dos animais.

No manejo nutricional, o destaque tem sido dado às estratégias utilizadas na formulação de dietas que visam à melhoria da produção animal e do retorno econômico, com pouca ênfase na redução da excreção dos nutrientes e na emissão de gases, consistindo-se, geralmente, em uma estratégia eficaz para amparar a viabilidade econômica dos sistemas de produção. Assim, a coleta precisa de informações e a capacidade para transformá-las em dados úteis para nortear estratégias para o planejamento, a execução, o monitoramento e os ajustes do manejo nutricional são etapas fundamentais para alcançar a precisão da nutrição (TOMICH; MACHADO; PEREIRA; CAMPOS, 2015).

Apesar de um programa reprodutivo eficiente ser essencial para a atividade leiteira, constantemente tem sido observado

que esse é um dos maiores desafios da pecuária leiteira. Durante as últimas décadas, a fertilidade de vacas leiteiras diminuiu, enquanto, por outro lado, observou-se o aumento na produção de leite por animal. Os problemas associados ao manejo reprodutivo têm se tornado um entrave a ser superado para alcançar a eficiência no processo (Pereira et al., 2014). Assim, uma grande dificuldade no processo da inseminação artificial é a correta identificação do exato momento de realizá-la (CAETANO; CAETANO JÚNIOR, 2015).

O sinal clássico de aceitação de monta do animal a ser inseminado tem se tornado uma atividade cada vez mais difícil, resultando em falhas associadas à identificação de estro, que são as mais comuns (GUIMARÃES et al., 2002). Tais falhas geralmente estão associadas aos problemas de cascos, a erros humanos, a instalações inadequadas e ao aumento da produção leiteira, a qual leva a um período de manifestação de estro menor (SCARIOT et al., 2020). Nesse sentido, sistemas de identificação eletrônica de estro que utilizam a radiotelemetria (ROELOFS et al., 2005) têm sido uma opção tecnológica interessante e bastante eficaz para a detecção do cio; sua utilização, no entanto, tem sido inviabilizada em larga escala devido ao seu alto custo de implantação (CAETANO; CAETANO JÚNIOR, 2015).

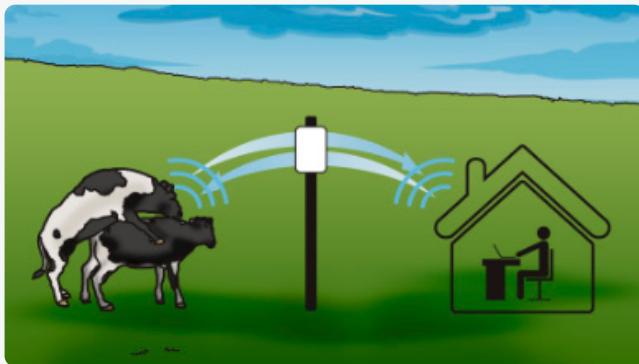


Figura
57

Modelo de radiotelemetria utilizado para monitoramento de animais

FONTE: Acervo Senar.

Alguns dispositivos eletrônicos têm sido usados para identificação de cio por meio de pedômetro, possibilitando ao proprietário utilizá-lo somente no animal que deseja inseminar (SCARIOT et al., 2020).



Figura
58

Pedômetro utilizado no monitoramento do cio de vacas

¹Pedômetros são instrumentos utilizados para mensurar a atividade física do animal durante um determinado período.

FONTE: Acervo Senar.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O confinamento dos animais em instalações constitui uma das principais estratégias utilizadas quando se busca melhorar a produtividade, a qualidade do leite e a sanidade do rebanho. No Brasil, atualmente é observado um elevado interesse, por parte dos produtores de leite, sobre o sistema de confinamento *Compost Barn*. Entretanto, devido à carência de informações e orientações detalhadas relativas à sua aplicabilidade, são observados diversos problemas quanto à funcionalidade e aos manejos nestas instalações.

O manejo da cama nesse sistema exige cuidados específicos, e, como o Brasil possui uma grande extensão territorial, a variabilidade climática interfere diretamente no manejo da cama. Além disso, os diversos tipos de materiais utilizados na cama possuem reações físicas, químicas e biológicas adversas. Dessa forma, um projeto bem elaborado, assim como um estudo mais detalhado sobre o material e o manejo a ser adotado na cama podem garantir uma melhor eficiência do sistema como um todo.

Para a seleção e a determinação da quantidade de ventiladores utilizados no *Compost Barn*, o produtor deve ficar atento aos diversos tipos e modelos existentes

comercialmente, pois a depender do tipo e do modelo escolhido, o consumo energético poderá ser muito elevado, inviabilizando o retorno financeiro da produção de leite.

Por fim, com este material técnico, espera-se que os produtores e os trabalhadores rurais que atuam na bovinocultura de leite tenham mais êxito e sucesso na condução dos projetos de *Compost Barn* nas diversas regiões do Brasil.



REFERÊNCIAS

ADAMS, R.S. **Calculating drinking water intake for lactating cows.** Dairy Reference Manual (NRAES-63). Ithaca, NY: Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 1998.

ALSAAOOD, M.; NIEDERHAUSER, J. J.; BEER, G.; ZEHNER, N.; SCHUEPBACH-REGULA, G.; STEINER A. Development and validation of a novel pedometer algorithm to quantify extended characteristics of the locomotor behavior of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 98, n. 8, p. 6236-6242, 2015.

ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, n. 7, p. 2044-2050, 1994.

BALCELLS, J.; FUERTES, E.; SERADJ, A. R.; MAYNEGRE, J.; VILLALBA, D.; DE LA FUENTE, G. Study of nitrogen fluxes across conventional solid floor cubicle and compost-bedded pack housing systems in dairy cattle barns located in the Mediterranean area: effects of seasonal variation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 103, n. 11, p. 10882-10897, 2020.

BARBERG, A.F E.; ENDRES, M. I.; JANNI, K. A. Compost dairy barns in Minnesota: a descriptive study. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 23, n. 2, p. 231-238, 2007.

BEWLEY, J. M.; ROBERTSON, L. M.; ECKELKAMP, E. A. A 100-year review: lactating dairy cattle housing management. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 100, n. 12, p. 10418-10431, 2017.

BEWLEY, J. M.; TARABA, J. L.; DAY, G. B.; DAMASCENO, F. A.; 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. 2012.

BOOTH, C. J.; WARNICK, L. D.; GRÖHN, Y. T.; MAIZON, D. O.; GUARD, C. L.; JANSEN, D. Effect of lameness on culling in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 12, p. 4115-4122, 2004.

BRITO, E. C. **Produção intensiva de leite em compost barn: uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

Caetano, G.; Caetano Júnior, M. B. **Métodos de detecção de estro e falhas relacionadas**. Pubvet, v. 9, p. 348-399, 2015

CARMO, T. J. D. **Planeamento de instalações para bovinos leiteiros e o seu impacto na saúde animal.** 2008. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.

CARVALHO, L. A.; NOVAES, L. P.; MARTINS, C. E.; ZOCCAL, R.; MOREIRA, P.; RIBEIRO, A. C. C. L.; LIMA, V. M. B. **Sistema de produção de leite (Cerrado).** Infra – estrutura. Embrapa Gado de Leite., [Online], 2002. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteCerrado/infra/15.html>. Acesso em: 10 set. 2021.

COELHO, E. **Metodologia para análise e projeto de sistema intensivo de produção de leite em confinamento tipo baias livres.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

Cook, N. B, J. P Hess, M. R. Foy, T. B. Bennett, and R. L. Brotzman. 2016. **Management characteristics, lameness, and body injuries of dairy cattle housed in high-performance dairy herds in Wisconsin.** J. Dairy Sci.

DAMASCENO, F. A. (org.). **Compost barn como alternativa para a pecuária leiteira.** Divinópolis: Adelante, 2020.

DAMASCENO, F. A.; OLIVEIRA, C. E. A.; FERRAZ, G. A. S.; NASCIMENTO, J. A. C.; BARBARI, M.; FERRAZ, P. F. P. **Spatial distribution of thermal variables, acoustics and lighting in compost dairy barn with climate control system.** Agronomy Research, Tartu, v. 17, n. 2, p. 385–395, 2019.

DEGASPERI, S. A. R.; COIMBRA, C. H.; PIMPÃO, C. T. **Estudo do comportamento do gado Holandês em sistema de semi-confinamento.** Revista Acadêmica Ciência Animal, Curitiba, v. 1, n. 4, p. 41-47, 2017.

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, 19, 2016.

FÁVERO, S. **Fatores associados à qualidade do leite, higiene animal e concentração bacteriana na cama de vacas leiteiras confinadas no sistema de compostagem.** 2015. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2015.

FIRK, R.; STAMER, E.; JUNGE, W.; KRIETER, J. **Automation of oestrus detection in dairy cows:** a review. Livestock Production Science, [Online], v. 75, n. 3, p. 219–232, 2002.

Guimarães, J. D., Alves, N. G., Costa, E. P., Silva, M. R., Costa, F. M. J., Zamperlini, B. (2002). **Eficiências Reprodutiva e Produtiva em Vacas das Raças Gir, Holandês e Cruzadas Holandês x Zebu.** Revista Brasileira de Zootecnia, 31(2), 641-647.

GUIMARÃES, M. C. C. **Metodologia para análise de projetos de sistemas intensivos de terminação de bovinos de corte.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

HALACHMI, I.; GUARINO, M.; BEWLEY, J.; PASTELL, M. **Smart animal agriculture: application of real-time sensors to improve animal well-being and production.** Annual Review of Animal Biosciences, [Online], v. 7, p. 403-425, 2019.

Hansen, M. F.; Smith, M. L.; Smith, L. N.; Jabbar, K. A.; Forbes, D. **Automated monitoring of dairy cow body condition, mobility and weight using a single 3D video capture device.** Computers in Industry, v. 98, p. 14–22, 2018.

JANK, M. S.; FARINA, E. Q.; GALAN, V. B. **O agribusiness do leite no Brasil.** São Paulo: Milkbizz, 1999.

JANNI, K. A.; ENDRES, M. I.; RENEAU, J. K.; SCHOPER, W. W. **Compost dairy barn layout and management recommendations.** Applied Engineering in Agriculture, Saint Joseph, v. 23, n. 1, p. 97-102, 2007.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos.** Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1985.

KING, T. Creatures of comfort; dairy cattle on compost. **The Farm**, Mankato, 3 ago. 2007. Disponível em: https://www.thelandonline.com/archives/creatures-of-comfort-dairy-cattle-on-compost/article_f48f3371-79bd-50d4-a550-cfecce0e4cf9.html. Acesso em: 31 maio 2021.

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

LESO, L.; BARBARI, M.; LOPES, M. A.; DAMASCENO, F. A.; GALAMA, P.; TARABA, J. L.; KUIPERS, A. Invited review: compost-bedded pack barns for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 103, n. 2, p. 1072-1099, 2020.

LESO, L.; CONTI, L.; ROSSI, G.; BARBARI, M. Criteria of design for deconstruction applied to dairy cows housing: a case study in Italy. **Agronomy Research**, Tartu, v. 16, n. 3, p. 794-805, 2018.

LOBECK, K. M.; ENDRES, M. I.; SHANE, E. M.; GODDEN, S. M.; FETROW, J. Animal welfare in cross-ventilated, compost-bedded pack, and naturally ventilated dairy barns in the upper Midwest. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 94, n. 11, p. 5469-5479, 2011.

MACHADO FILHO, L. C. P.; TEIXEIRA, D. L.; WEARY, D. M.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; HOTZEL, M. J. Designing better water troughs: dairy cows prefer and drink more from larger troughs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 89, p.185-193, 2004.

MCFARLAND, D. F. **Nutritional interactions related to dairy shelter design & management**. Advances in dairy technology, v. 15, p.69-83, 2003.

MIDWEST PLAN SERVICE (MWPS-7). Dairy Freestall Housing and Equipment. 7th edition, Midwest Plan Service, Agricultural and Biosystems Engineering Department, Iowa State University, 2000.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Pecuária de baixa emissão de carbono: Tecnologias de Produção Mais Limpa e Aproveitamento Econômico dos Resíduos da Produção de Bovinos de Corte e Leite em Sistemas Confinados / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Mobilidade Social, do Produtor Rural e do Cooperativismo. – Brasília: MAPA, 2017.

MILLER, F. C. Composting as a process based on the control of ecologically selective factors. In: MEETING, F. B. (ed.). **Soil microbial ecology:** applications in agricultural and environmental management. New York: Marcel Dekker Inc., 1992. p. 515-544.

MONDINI, C.; FORNASIER, F.; SINICCO, T. Enzymatic activity as a parameter for the characterization of the composting process. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 36, n. 10, p. 1587-1594, 2004.

MORREL, J. L.; COLIN, F.; GERMON, J. C.; GODIN, P.; JUSTE, C. Methods for evaluation of the maturity of municipal refuse compost. In: GASSER, J. K. R. (ed.). **Composting of agricultural and other wastes.** London: Elsevier, 1985. p. 56-72.

NEETHIRAJAN, S.; KEMP, B. Digital livestock farming. **Sensing and Bio-Sensing Research**, [Online], v. 32, p. 1-12, 2021.

NESTLÉ. Serviço Nestlé ao Produtor. Compost barn: conheça melhor esse novo sistema de produção. Disponível em: <https://docplayer.com.br/157715276-Compost-barn-conheca-melhor-esse-novo-sistema-de-producao.html>. Acesso em: 9 maio 2022.

NORTHEAST REGIONAL AGRICULTURAL ENGINEERING SERVICE – NRAES. **On-Farm Composting Handbook (NRAES-54)**. Ithaca: PALS, 1992.

Omega – How to Measure pH Levels in a Ruminant's Digestive System. Disponível em: <https://www.omega.com/en-us/resources/ph-measurement-digestive-system>. Acesso: 30 de janeiro de 2020.

OLIVEIRA, P. A. V. et al. Efeito do tipo de telha sobre o acondicionamento ambiental e o desempenho de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1, 1995, Curitiba. Anais [...]. Campinas: Facta, 1995. p. 297-298.

OLIVEIRA, V. C.; DAMASCENO, F. A.; OLIVEIRA, C. E. A.; FERRAZ, P. F. P.; FERRAZ, G. A. S.; SARAZ, J. A. O. Compost-bedded pack barns in the state of Minas Gerais: architectural and technological characterization. Agronomy Research, Tartu, v. 17, n. 5, p. 2016–2028, 2019.

OLSZENSKI, F. T. **Avaliação do ciclo de vida da produção de leite em sistema semi extensivo e intensivo:** estudo aplicado. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

Pereira GM, Heins BJ, Endres MI. 2018. **Technical note:** validation of an ear-tag accelerometer sensor to determine rumination, eating, and activity behaviors of grazing dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 101:2492–95

Pereira, MHC, Rodrigues, ADP, De Carvalho, RJ, Wiltbank, MC & Vasconcelos, JLM. (2014). Increasing length of an estradiol and progesterone timed artificial insemination protocol decreases pregnancy losses in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 97 (3), 1454-1464

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem.** Belo Horizonte: UNICEF, 1996.

RADAVELLI, W. M. **Caracterização do sistema compost barn em regiões subtropicais brasileiras.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó, SC, 2018.

Roelofs JB, van Eerdenburg FJ, Soede NM, Kemp B. **Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle.** *Theriogenology*, v.64, p.1690–1703, 2005.

RICHARD, T.; TRAUTMANN, N.; KRASNY, M.; FREDENBURG, S.; STUART, C. The Cornell University Composting Website. **The science and engineering of composting.** 2002. Disponível em: <http://compost.css.cornell.edu/science.html>. Acesso em: 9 maio 2022.

RODRIGUES, M.S.; SILVA, F.C.; BARREIRA, L.P.; KOVACS, A. **Compostagem:** reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: Spadotto, C.A.; Ribeiro, W. Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria. FEPAF. Botucatu, p. 63-94, 2006.

SCARIOT, J.; SOUZA, B. F.; ZANELLA, E. L.; ZANELLA, R. Teste de eficiência de um novo dispositivo eletrônico de identificação de cio em fêmeas bovinas leiteiras mantidas em regime de compost barn. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 44, n. 2, p. 64-70, 2020.

SCHLAGETER-TELLO, A.; BOKKERS, E. A.; GROOT KOERKAMP, P. W.; VAN HERTEM, T.; VIAZZI, S.; [...]LOKHORST, Kees. Manual and automatic locomotion scoring systems in dairy cows: a review. Preventive Veterinary Medicine, [Online], v. 116, n. 1-2, p. 12-25, 2014.

SHARMA, V. K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA, G. **Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic composting:** review. Energy Conversion and Management, [Online], v. 38, n. 5, p. 453-478, 1997.

SIQUEIRA, A. V. **Instalação do tipo “compost barn” para confinamento de vacas leiteiras.** Trabalho de conclusão (Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2013.

SONG, X.; BOKKERS, E. A. M.; VAN DER TOL, P. P. J.; GROOT KOERKAMP, P. W. G.; VAN MOURIK, S. **Automated body weight prediction of dairy cows using 3-dimensional vision.** Journal of Dairy Science, Champaign, v. 101, n. 5, p. 4448-4459, 2017.

SOUZA, C. F.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; SARTOR, V.; PAULA, M. O. **Unidades para Produção Animal – UPAs:** planejamento e projeto. Viçosa: Editora UFV, 2021.

STEENEVELD, W.; VERNOOIJ, J. C. M.; HOGEVEEN, H. Effect of sensor systems for cow management on milk production, somatic cell count, and reproduction. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 6, p. 3896-3905, 2015.

TOMICH, T. R.; MACHADO, F. S.; PEREIRA, L. G. R.; CAMPOS, M. M. **Nutrição de precisão na pecuária leiteira.** Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia, [Online], n. 79, p. 54-72, 2015.



Coleção Senar

WWW.SENAR.ORG.BR

COLEÇÃO SENAR

cnabrasil.org.br/senar/colecao-senar

CURSOS EAD

ead.senar.org.br

Baixe o aplicativo
Estante Virtual da Coleção Senar



Baixe o aplicativo
SENAr RA

