

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LÍQUIDOS GERADOS EM INSTALAÇÕES DE CONFINAMENTO TIPO COMPOST BARN

Data de aceite: 26/01/2024

Victor Crespo de Oliveira

Universidade Estadual Paulista
Botucatu – São Paulo (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0003-2719-9972>
-5380

Leonardo França da Silva

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-9710-8100>

Érika Manuela Gonçalves Lopes

Universidade Federal de Minas Gerais
Montes Claros – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-7518-8955>

Ana Carolina Chaves Dourado

Universidade Federal de Viçosa-
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-1106-1349>

Matheus Mendes Reis

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
(IFNMG)
Januária - Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0003-2100-2438>

Bruna Nogueira Rezende

Universidade de São Paulo
Piracicaba – São Paulo (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0003-4337-9324>

Letícia Duron Cury

Universidade Estadual Paulista – Unesp
Botucatu – São Paulo (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0003-2394-5069>

Cássio Furtado Lima

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Pará – IFPA
Belém – Pará (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0001-5461-1809>

Fabiane de Fátima Maciel

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-7117-6965>

Silvana Ferreira Bicalho

Universidade Estadual do Sudoeste da
Bahia
Vitória da Conquista - Bahia (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-5502-6430>

Ariadna Faria Vieira

Universidade Estadual do Piauí
Uruçuí- Piauí (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-1185-4269>

RESUMO: A caracterização dos resíduos no sistema *Compost Barn* (CB) é fundamental para otimizar a compostagem e o tratamento de resíduos dos animais

confinados. A composição da cama, formada por materiais ricos em carbono e resíduos animais, desencadeia um processo contínuo de compostagem. Este processo é influenciado por uma série de variáveis, dentre elas as características dos dejetos e resíduos utilizados para composição da cama. Diante dessa necessidade, objetivou-se com este estudo realizar a caracterização dos resíduos sólidos e líquidos produzidos em instalações CB, com base em dados disponíveis em literatura. A caracterização apresentada neste estudo pode fundamentar projetos de estruturas de tratamento de resíduos sólidos e líquidos, que detenham a finalidade de atender instalações CB. Contudo, vale ressaltar que os valores apresentados apresentam variações conforme o tipo de manejo e composição da cama e nutrição dos animais.

PALAVRAS-CHAVE: Bovinocultura de Leite, Desejos Bovinos, Manejo, Tratamento de Resíduos

ABSTRACT: The characterization of waste in the Compost Barn (CB) system is essential to optimize composting and waste treatment in confined animal facilities. The composition of the bedding, formed by materials rich in carbon and animal waste, triggers a continuous composting process. This process is influenced by various variables, including the characteristics of the waste and residues used in the bedding composition. In light of this need, the objective of this study was to characterize the solid and liquid residues produced in CB facilities, based on data available in the literature. The characterization presented in this study can provide a basis for the design of structures for the treatment of solid and liquid waste, aiming to meet the needs of CB facilities. However, it is worth noting that the values presented vary according to the type of management and the composition of the bedding and animal nutrition.

KEYWORDS: Dairy Farming, Bovine Wastes, Waste Treatment, Management

O sistema *Compost Barn (CB)* é caracterizado por possuir uma cama coletiva entre os animais confinados. A cama pode ser composta por maravalha, casca de café, casca de arroz, que são materiais ricos em carbono, e em conjunto com as fezes e urina das vacas, material rico em nitrogênio, acontece o processo de compostagem contínua durante todo o seu período de uso. Dos dejetos produzidos pelos animais, cerca de 49,0 a 70,6% são despejados na área de cama, o restante é dividido entre a sala de ordenha, de espera e corredor de alimentação (DAMASCENO et al., 2020).

O manejo da cama requer diferentes acompanhamentos para tomadas de decisão no quesito reposição e taxa de lotação no sistema. O teor de umidade da cama deve ser monitorado corriqueiramente para manter as condições propícias ao processo de compostagem. De modo geral, recomenda-se que este valor esteja entre 35 e 65%, sendo a faixa ideal de 45 a 55% (BLACK et al., 2013; DAMASCENO, 2020). A umidade muito elevada pode causar prejuízo na vida microbológica presente na cama, pois a água começa a ocupar espaços que antes eram ocupados por ar, não dando condições para o desenvolvimento dos microrganismos aeróbios. Em situações em que a taxa de umidade é muito baixa, há baixo potencial para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela compostagem e maior desprendimento de pó no ato de revolvimento da cama, o que

pode causar danos à saúde das vacas (DAMASCENO, 2020).

O monitoramento do teor de umidade e da relação C/N da cama se faz necessário para que o processo de compostagem aconteça. A relação C/N quando se encontra entre 25-30:1, é o momento de máxima compostagem dos nutrientes pelos microrganismos, uma vez que é extremamente importante manter carbono e nitrogênio em proporções adequadas, para que o processo de compostagem aconteça de forma ininterrupta. Para isto, a reposição da cama deve ser realizada periodicamente e a taxa de lotação deve atender a capacidade da instalação (NRAES-54, 1992).

O processo de revolvimento da cama acontece para incorporar O_2 e desprender H_2O do interior da cama. A incorporação de O_2 na cama é fundamental para manter o pH entre 6,0 e 8,0 possibilitando o desenvolvimento dos microrganismos aeróbios. A baixa concentração de O_2 no interior da cama pode ocasionar a queda do pH a valores inferiores a 4,5, limitando a ação dos microrganismos na compostagem do material orgânico e contribuindo para a proliferação de organismos nocivos à saúde dos animais (BEWLEY et al. 2012).

Diante deste cenário, verifica-se que o sistema CB requer sério cuidado no que tange as características físico-químicas dos dejetos que são nele gerados, uma vez que estes irão fazer parte da composição da cama e dos efluentes líquidos, que precisam ser submetidos a tratamentos para poder retornar ao meio ambiente de forma ecologia e sustentável. Dessa forma, objetivou com este estudo realizar a caracterização dos resíduos sólidos e líquidos que são produzidos ao decorrer das atividades desenvolvidas em uma instalação CB.

DISTRIBUIÇÃO E CONSTITUIÇÃO DOS RESÍDUOS EM UMA INSTALAÇÃO TIPO CB

No sistema CB, as fezes dos animais são distribuídas entre a cama e o corredor de alimentação. O efluente produzido no corredor de alimentação constitui-se de fezes, urina, restos de alimentos e águas residuárias da lavagem do corredor de alimentação e dos bebedouros. Já os resíduos dispostos na área de cama são compostos predominantemente por urina e fezes dos animais (DAMASCENO, 2020).

A sala de ordenha é um local que gera grande volume de efluentes em uma unidade de produção leiteira. Os efluentes originados neste local são basicamente água de lavagem, detergentes utilizados na limpeza da sala de ordenha e de utensílios, restos de leite, sedimentos trazidos pelos animais, células mortas, pelos, restos de ração, fezes e urina (RICARDO, 2016). Segundo Damasceno et al. (2020), a maior parte da deposição dos dejetos das vacas ocorre sobre a cama do sistema CBP, nessa pesquisa constatou-se também que os animais de maior produção, conseqüentemente, são maiores produtores de dejetos (Tabela 1).

Produção de leite	Sala de ordenha (kg vaca ⁻¹ dia ⁻¹)	Corredor de alimentação (kg vaca ⁻¹ dia ⁻¹)	Área de cama (kg vaca ⁻¹ dia ⁻¹)
BP	0,93 ± 0,25	16,90 ± 0,16	32,92 ± 11,24
AP	1,01 ± 0,21	22,52 ± 1,35	32,05 ± 10,23

Legenda: BP: Baixa Produção, AP: Alta Produção

Tabela 1. Média e desvio padrão dos dejetos entregue em diferentes instalações (sala de ordenha, alimentação e área de cama; DAMASCENO et al., 2020)

As características dos dejetos produzidos no sistema *CB*, cama e corredor de alimentação, podem ser expressas em propriedades físicas, químicas e biológicas e, também, serem obtidas por meio de medidas qualitativas e quantitativas (SOUZA et al., 2009). Desta forma, a caracterização dos dejetos em uma unidade de produção de gado leite em sistema *CB*, foi realizada por meio de revisão bibliográfica onde foram considerados os seguintes parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Suspensos (SS), Sólidos Totais (ST), Macro e Microminerais, Umidade Relativa e pH.

CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

Nos últimos anos a bovinocultura de leite está adotando estratégias para potencializar a produção do setor. Sendo assim, observa-se maior busca por sistemas de confinamento e dietas eficientes. Contudo, a maior a quantidade de leite produzido traduz-se em aumento do volume dos dejetos na unidade de produção e este fato tem despertado a atenção de ambientalistas, técnicos e instituições internacionais devido ao elevado potencial de poluidor que esses resíduos apresentam, logo, torna-se imprescindível mitigar a geração de dejetos e promover o adequado tratamento e destinação para os que foram produzidos.

Os principais fatores que interferem na quantidade e características físico-químicas desses resíduos são o regime de confinamento, tipo de instalação, a forma de manejo dos animais e de sua alimentação (JUNTOLLI, 2016; LESO et al, 2013). Segundo Damasceno (2020), a adoção do sistema *CB* reduz a quantidade de dejetos líquidos produzidos em sistemas de confinamento de bovinos leiteiros, o que pode proporcionar redução de até 60% no tamanho da lagoa de dejetos quando comparado ao sistema *Free Stall (FS)*. Isto ocorre, pois no sistema *CB* parte dos dejetos dos animais são incorporados à cama, onde acontece o processo contínuo de compostagem, até que ocorra o momento da troca de cama (LESO et al., 2013).

O momento da troca da cama é influenciado pelas características construtivas do projeto da instalação, a densidade animal adotada e a taxa de reposição de cama nova, sendo que é usual conciliar esse processo com o período de plantio da propriedade, pois o material retirado poderá servir de adubo nas lavouras da propriedade. A troca do composto

formado por um novo material é um momento crítico no manejo da cama, neste momento é necessário retirar em torno de 90 a 95% do composto e acrescentar o novo material até altura de 0,40 m. Este procedimento é aplicado para que o processo de compostagem da cama nova se inicie com maior rapidez pela ação dos microrganismos presentes na porção da cama antiga (SIQUEIRA, 2013; DAMASCENO, 2020).

Os dejetos dos animais confinados quando incorporados à cama do CB, formam um resíduo de grande valia para a agricultura, por conter elementos essenciais para culturas perenes e anuais. Contudo, a cama do CB quando não destinada corretamente pode gerar danos ambientais no local que foi depositada, pois além de possuir minerais nobres, contém elementos de alto poder de toxicidade ao solo, como Fe e Al, o que pode prejudicar o desenvolvimento das culturas. O manejo adequado da cama após o momento de sua retirada é crucial, pois é neste momento em que o material finaliza o processo de estabilização e se torna um produto de alta qualidade para a produção agrícola.

Após a retirada da cama, recomenda-se que o material seja submetido ao processo de cura, para então poder ser comercializado ou utilizado como fertilizante na produção agrícola. A quantidade e a qualidade do composto produzido dependem de alguns fatores, dentre estes, o tipo de material de cama utilizado, área de cama disponível por animal e as características do processo de compostagem a que esse material foi submetido (BEWLEY et al., 2017).

Andrade (2021), avaliou a qualidade da cama do sistema CB tipo túnel, por meio da concentração de macronutrientes e relação C/N da cama, foi verificado que a média de nutrientes na cama não oscilou entre a camada superficial e a profundidade de 0,20 m, por esse motivo, os dados nas duas profundidades foram combinados em valores médios e estão dispostos na Tabela 2, que apresenta caracterização deste material.

Variável	Média	DP	Mínimo	Máximo
Carbono Total (%)	21,59	4,22	17,06	25,02
C:N	15,56	2,63	13,05	17,66
Nitrogênio Total (%)	1,39	0,13	1,28	1,53
Fósforo (%)	0,25	0,05	0,18	0,31
Potássio (%)	2,03	0,39	1,61	2,33

Tabela 2. Média, desvio padrão (DP), valores mínimos e máximos para o teor de nutrientes da cama em compostagem em uma instalação *Compost Barn* Fechada (adaptado de ANDRADE, 2021).

Como está apresentado na Tabela 2, a razão C:N teve média de 15,56, estando fora da faixa recomendada pela literatura que é de 25-30:1 (DAMASCENO, 2020). Com relação aos teores de nutrientes que compõem a cama foi verificado que não havia condições essenciais para a completa compostagem, contudo, a camada superficial apresentou atividade biológica, fato que pode estar associado a constante aeração via processo de revolvimento.

Leso et al. (2020) desenvolveram uma revisão de literatura que avaliou o comportamento da cama quanto aos níveis de pH, macronutrientes (N, P, K) e a relação C/N em camas de *CB* com diferentes fontes de carbono. No estudo foram verificados valores de pH entre 7,4 e 9,0 para os diferentes materiais, indicando valores superiores a faixa recomendada, que é de 6,5 a 8,0 (RODRIGUES et al., 2006). A relação C/N também não esteve em acordo com a recomendação da literatura, de 25:1 a 30:1 (RODRIGUES et al., 2006). Os autores identificaram uma ampla faixa de variação na relação de C/N, 10,5 a 49,3 e verificaram que poucos estudos relataram relações C/N em *CB* dentro da faixa ótima para compostagem.

Ainda de acordo com os autores Leso et al. (2020), a umidade média da cama tende a permanecer na faixa ideal de 40% a 65%. Este fato indica que embora a maioria dos produtores seja capaz de manter a cama suficientemente seca, em níveis recomendados, a manutenção de uma relação C/N ideal em *CB* pode representar desafios para o manejo do sistema (BEWLEY et al., 2012).

Em relação aos macronutrientes presente na cama, os autores Leso et al. (2020) observaram que os elementos N, P e K variaram de 1% a 3,57%, de 1.050 a 6.589 mg.kg⁻¹ e de 3.893 a 44.084 mg.kg⁻¹, respectivamente. A longo prazo, o uso da cama como fertilizante pode resultar em quantidades consideravelmente maiores de matéria orgânica no solo e, maior acúmulo de N orgânico quando comparado com a aplicação de dejetos líquidos. No entanto, não é adequado o uso da cama como fertilizante de N a curto prazo devido ao seu baixo teor de N mineral e à lenta taxa de mineralização de N (DE BOER, 2014). Contudo, a disponibilidade de N para o solo pode ser melhorada quando a cama é submetida ao processo de cura após o seu uso no *CB* (BLACK et al., 2013; DE BOER, 2014). O teor dos nutrientes presentes na cama, pode ser observado na Tabela 3, contudo é importante salientar que estes dados variam conforme o uso de diferentes materiais e manejo adotado na cama, por exemplo.

Fonte	Material de cama	Profundidade da cama (cm)	pH	C/N	N (%)	P (mg. Kg ⁻¹)	K (mg. Kg ⁻¹)
<u>Barberg et al. (2007)</u>	SR	15	8,4	21,4	2,45	3.111	13.831
	SR	30	8,6	17,6	2,69	3.442	17.202
<u>Shane et al. (2010)</u>	SR	15,2	8,68	37,1	1,3	1.449	4.857
		30,5	8,69	37,4	1,3	-	-
	EM	15,2	7,97	29,1	1,6	1.620	8.053
		30,5	7,38	29,3	1,5	-	-
	AM, SR	15,2	8,54	45,7	1,1	1.050	3.893
		30,5	8,67	49,3	1	-	-
	CA, SR	15,2	8,58	25,8	1,6	1.749	7.080
		30,5	8,57	25,4	1,5	-	-
	AM, CA	15,2	8,48	31,6	1,4	2.690	10.463
		30,5	8,57	30	1,5	-	-
	WL	15,2	8,58	22,8	1,6	2.104	8.196
		30,5	-	-	-	-	-
<u>Black et al. (2013)</u>	SR, MA	0-20,3	-	26,7	1,7	4.000	13.000
	AM	0-40	8,6	10,5	3,57	6.589	44.084
<u>de Boer (2014)</u>	CL	0-40	8,3	16,6	1,36	3.924	12.933
	CL	0-40	8,8	15,1	1,63	3.773	23.646
<u>Fávero et al. (2015)</u>	CA	0-20	9	25,6	-	-	-
	SR	0-21	8,8	27,2	-	-	-
	MA	0-22	8,9	21,8	-	-	-
<u>Eckelkamp et al. (2016)</u>	SD, MA	0-20	-	20,2	2,3	5.000	17.000

Legenda: SR = serragem; EM = espigas de milho; AM = aparas de madeira; PS= palha de soja; MA= maravalha; CL = composto de lixo verde; CA= cascas de amendoim.

Tabela 3. Análise química de material de diversas fontes de carbono para cama de CB.

A quantidade total de efluentes orgânicos produzida em confinamentos de vacas leiteiras varia de 9,0 a 12,0% do peso vivo do animal por dia, e depende, também, do volume de água utilizado na limpeza e desinfecção das instalações e equipamentos da unidade de produção (CAMPOS et. al., 2002). Segundo Matos (2005), uma vaca leiteira com 400 Kg de peso médio produz por dia de 38 a 50 Kg de excretas, sendo que a quantidade de fezes presente pode variar de 28 a 32 Kg e o restante é a quantidade de urina. Contudo, na bovinocultura de leite, além dos resíduos gerados pelos animais, devem ser considerados aqueles provenientes da retirada ou processamento do leite. A quantidade desses resíduos

depende do manejo adotado na sala de ordenha, o que também afeta o consumo de água da propriedade, que pode variar de 40 a 600 litros por vaca ordenhada (MATOS, 2005).

Silva (2012) avaliou as características da água residuária de bovinocultura de leite obtida do estábulo do Sistema Integrado de Produção Agroecológica localizado no município de Seropédica, no estado do Rio de Janeiro. A caracterização consistiu das seguintes análises: sólidos totais, DBO, DQO, C-total, N-total, N-NH 4+, N-, P-total, Ca, Mg, K, Na, Zn, Cu, pH e condutividade elétrica (CE), conforme mostrado na Tabela 5:

Parâmetro	pH	CE (dS m ⁻¹)	ST (mg L ⁻¹)	DQO (mg L ⁻¹)	DBO (mg L ⁻¹)	Ntotal (mg L ⁻¹)	N-NH (mg L ⁻¹)
Valor	6,54	3,03	16.351	16.802	2.380	2.245	1.909
Parâmetro	P (mg L ⁻¹)	K (mg L ⁻¹)	Na (mg L ⁻¹)	Ca (mg L ⁻¹)	Mg (mg L ⁻¹)	Zn (mg L ⁻¹)	Cu (mg L ⁻¹)
Valor	89,35	102,33	37,5	210,1	137,55	1	6,25

Tabela 4. Caracterização da água residuária de bovinocultura de leite

Fonte: SILVA, 2012.

O lançamento de efluentes agropecuários é regulado pela legislação ambiental definida pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente por meio da resolução 430/2011. Os padrões de lançamento estão listados no Quadro 1. Cabe ressaltar que além destes padrões, o efluente não pode alterar a qualidade do recurso hídrico a ponto de causar modificação em seu enquadramento.

Parâmetros	Padrão de lançamento
pH	Entre 6 e 9
Temperatura	Inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura
Sólidos sedimentáveis	Inferior a 1 mg.L ⁻¹ , em teste de 1 hora em cone Imhoff.
Óleo e graxas	Inferior 50 mg.L ⁻¹ para gorduras vegetais e animais
Materiais flutuantes	Não pode conter
DBO ₅ ²⁰	Máximo de 120 mg.L ⁻¹ , sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.
Nitrogênio Amoniacal	Inferior a 20 mg.L ⁻¹

Quadro 1. Padrões de lançamento de efluentes de acordo com resolução CONAMA 430/2011.

Fonte: CONAMA 430 (2011)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema CB destaca-se por apresentar uma abordagem mais sustentável para a gestão de resíduos em instalações pecuárias. Neste sentido, um ponto chave para correta condução deste sistema é o manejo da cama. Este manejo requer cuidados com a manutenção de valores ótimos de umidade, de relação C/N e de O_2 , para que o processo de compostagem aconteça de forma saudável ao longo do tempo.

De modo geral, o propósito deste estudo foi direcionado à caracterização dos resíduos sólidos e líquidos resultantes das atividades em uma instalação CB. Esta caracterização fundamenta base para projetos de estruturas de tratamento de resíduos sólidos e líquidos, que detenham a finalidade de atender instalações CB. Contudo, vale ressaltar que os valores apresentados apresentam variações conforme o tipo de manejo e composição da cama e nutrição dos animais.

REFERÊNCIAS

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

BARBERG, A.E.; ENDRES, M.I.; JANNI, K.A. Compost dairy barns in Minnesota: A descriptive study. **Applied Engineering in Agriculture**, v.23, p.231–238, 2007.

BEWLEY, J. M., L. M. ROBERTSON, A. ECKELKAMP. A 100- year review: Lactating dairy cattle housing management. **J. Dairy Sci.** 2017.

BEWLEY, J. M., L. M. ROBERTSON, AND E. A. ECKELKAMP. Lactating dairy cattle housing management. **J. Dairy Sci.** 2012.

BLACK, R. A.; TARABA, J. L.; DAY, G. B.; DAMASCENO, F. A.; BEWLEY, J. M. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of dairy science**, v. 96, n. 12, p. 8060-8074, 2013.

CAMPOS, A. T. et. al. Tratamento biológico aeróbio e reciclagem de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 426- 438, mar./abr. 2002.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº **357/2005**. Brasília, SEMA, 2005.

DAMASCENO, F. A. **Compost Barn como alternativa para a pecuária leiteira**. 1. ed. Divinópolis: Adelante, 2020.

DAMASCENO, F.A. et al. Estimativa de esterco presente em sistemas de compostagem para celeiros de leite para dimensionamento do armazenamento de esterco. **Agronomy Research**, v. 18, n. S2, pág. 1213-1219, 2020.

ECKELKAMP, E.A.; TARABA, J.L.; AKERS, K.A.; HARMON, R.J.; BEWLEY, J.M. Understanding compost bedded pack barns: Interactions among environmental factors, bedding characteristics, and udder health. **Livestock Science**, v.190, p.35–42, 2016. DOI: 10.1016/j.livsci.2016.05.017

FÁVERO, S.; PORTILHO, F.V.R.; OLIVEIRA, A.C.R.; LANGONI, H.; PANTOJA, J.C.F. Longitudinal trends and associations between compost bedding characteristics and bedding bacterial concentrations. **Journal of Agricultural Science**, v.7, p.58–70, 2015a. DOI: 10.5539/JAS.V7N10P58.

JUNTOLLI, F. V. **A pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

LESO, L., M. UBERTI, W. MORSHED, AND M. BARBARI. A survey of Italian compost dairy barns. **J. Agric. Eng.** (e17):120–124. 2013.

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**, v. 103, n. 2, p. 1072-1099, 2020.

MATOS, A.T. **Tratamento de resíduos agroindustriais. In: Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais**. Fundação Estadual do Meio Ambiente, Universidade Federal de Viçosa, maio de 2005.

RODRIGUES, M.S.; SILVA, F.C.; BARREIRA, L.P.; KOVACS, A. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: SPADOTTO, C.A.; RIBEIRO, W.C. (Ed.). *Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria*. 1.ed. Botucatu: FEPAF, 2006. p.63–94.

SHANE, E.M.; ENDRES, M.I.; JANNI, K.A. Alternative bedding materials for compost bedded pack barns in Minnesota: A descriptive study. **Applied Engineering in Agriculture**,

SOUZA, J. S. **O impacto ambiental atribuído à pecuária**. Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, Revista CRMV-PR. Ed. 30, 2010. v.26, p.465–473, 2010.