UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM TRÊS PASSOS
CURSO DE BACHARELADO EM GESTÃO AMBIENTAL

LUCIELE LOVATO

ANÁLISE DO MANEJO DOS DEJETOS DA BOVINOCULTURA LEITEIRA EM PROPRIEDADE RURAL NO MUNICÍPIO DE TRÊS PASSOS - RS

TRÊS PASSOS
2022

LUCIELE LOVATO

ANÁLISE DO MANEJO DOS DEJETOS DA BOVINOCULTURA LEITEIRA EM PROPRIEDADE RURAL NO MUNICÍPIO DE TRÊS PASSOS - RS

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Gestão Ambiental na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Ramiro Pereira Bisognin

Coorientador: Prof. Marcelo Vital Larssen

TRÊS PASSOS

2022

Catalogação de Publicação na Fonte

L896a Lovato, Luciele.
Análise do manejo dos dejetos da bovinocultura leiteira em propriedade rural no município de Três Passos. / Luciele Lovato. – Três Passos, 2022.

24 f.

Orientador: Prof. Dr. Ramiro Pereira Bisognin
Coorientador: Prof. Marcelo Vital Larssen

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental, Unidade em Três Passos, 2022.

1. Produção de leite. 2. Free Stall. 3. Compost Barn. 4. Dejetos bovinos. 5. Solos. I. Bisognin, Ramiro Pereira. II. Larssen, Marcelo Vital. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Carina Lima CRB10/1905

LUCIELE LOVATO

ANÁLISE DO MANEJO DOS DEJETOS DA BOVINOCULTURA LEITEIRA EM PROPRIEDADE RURAL NO MUNICÍPIO DE TRÊS PASSOS - RS

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Gestão Ambiental na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Ramiro Pereira Bisognin

Coorientador: Prof. Marcelo Vital Larssen

Aprovado em: _____/_____/_____

BANCA EXAMINADORA

_____

Orientador: Prof. Dr. Ramiro Pereira Bisognin

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

_____

Profª. Dra. Divanilde Guerra

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

_____

Profª. Dra. Fernanda Hart Weber

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

RESUMO

O Rio Grande do Sul é um dos estados com maior rebanho de gado leiteiro do País e, consequentemente, produção de leite. No entanto, juntamente com essa posição de destaque têm-se os desafios do manejo dos dejetos bovinos que, na maioria das propriedades, são aplicados nos solos para incremento da matéria orgânica e nutrientes. Esta aplicação em excesso pode acarretar toxidez às plantas, bem como contaminação do solo e das águas. Por isso, neste trabalho objetivou-se analisar as práticas de manejo dos dejetos da bovinocultura leiteira em uma propriedade no município de Três Passos – RS. O estudo foi realizado em uma propriedade com a criação de 400 bovinos de leite, sendo 150 no sistema Free Stall, 225 no sistema Compost Barn e 25 bezerros. Foi avaliado o volume de dejetos com base na geração diária e no teor de sólidos dos dejetos no sistema Free Stall, por meio do método de pesagens e secagem, a partir de seis amostras coletadas no momento da raspagem na pista de acesso dos animais. Avaliou-se alterações nos atributos do solo em seis das dez áreas agrícolas utilizadas pela propriedade estudada para a disposição final dos dejetos. Dessa forma, verificou-se a geração média diária de 6.375 litros de dejetos no sistema Free Stall, por 150 vacas e 25 bezerros, que são destinados a quatro esterqueiras na propriedade, onde permanecem por 120 dias. Esses dejetos apresentaram teor médio de sólidos de 12,48 ± 1,21%, o que os classifica como semissólidos. Pela análise do solo, verificou-se que as áreas onde foram aplicados os dejetos bovinos apresentaram aumento na concentração de matéria orgânica e nutrientes, após 14 anos de aplicação. Quanto ao manejo dos dejetos, de ambos os sistemas, a propriedade tem adotado práticas comuns para a atividade, com apenas uma ressalva, recomenda-se que o material retirado da cama do Compost Barn seja acondicionado em local coberto até a maturação para posterior disposição na lavoura. Por fim, pode-se confirmar que os dejetos bovinos são fontes de nutrientes para os solos, quando utilizados de maneira correta.

Palavras-chave: Produção de leite, Free Stall, Compost Barn, Dejetos bovinos, Solos.

ABSTRACT

Rio Grande do Sul is one of the states with the largest herd of dairy cattle in the country and, consequently, milk production. However, along with this prominent position, there are the challenges of managing cattle manure that, in most properties, are applied to the soil to increase organic matter and nutrients. This excessive application can lead to toxicity to the plants, as well as soil and water contamination. Therefore, this work aimed to analyze the management practices of dairy cattle manure in a property in the municipality of Três Passos - RS. The study was carried out on a property with 400 dairy cattle, 150 in the Free Stall system, 225 in the Compost Barn system and 25 calves. The volume of manure was evaluated based on the daily generation and the solids content of the manure in the Free Stall system, using the weighing and drying method, from six samples collected at the time of scraping in the animals' access lane. Changes in soil attributes were evaluated in six of the ten agricultural areas used by the property studied for the final disposal of manure. Thus, there was an average daily generation of 6,375 liters of manure in the Free Stall system, by 150 cows and 25 calves, which are destined for four manure pits on the property, where they remain for 120 days. These wastes had an average solid content of 12.48 ± 1.21%, which classifies them as semi-solid. By soil analysis, it was found that the areas where the bovine manure was applied showed an increase in the concentration of organic matter and nutrients, after 14 years of application. As for the management of waste, from both systems, the property has adopted common practices for the activity, with just one caveat, it is recommended that the material removed from the Compost Barn bedding be stored in a covered place until maturation for later disposal in the Agriculture. Finally, it can be confirmed that bovine manure is a source of nutrients for soils, when used correctly.

Keywords: Milk production, Free Stall, Compost Barn, Cattle manure, Soils.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Teor de sólidos dos dejetos bovinos provenientes no sistema Free Stall em Três Passos/RS 13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos dos solos de seis áreas agrícolas de aplicação dos dejetos bovinos provenientes do sistema Free Stall, da propriedade estuda em Três Passos, em 2022..... 14
Tabela 2 - Atributos dos solos de duas áreas de Padre Gonzáles com aplicação de dejetos bovinos, e área controle com amostra coletada em barranco da mesma localidade, sem interferência de uso agrícola, em Três Passos 16
Tabela 3 - Atributos do solo da área de aplicação de dejetos bovinos em Bela Vista, e área agrícola na mesma localidade utilizada como comparativo, em Três Passos 18

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **8**
2 OBJETIVOS **10**
2.1 OBJETIVO GERAL 10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 10
3 METODOLOGIA **10**
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO 10
3.2 QUANTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS DEJETOS BOVINOS GERADOS NO SISTEMA FREE STALL 11
3.3 ANÁLISE DOS ATRIBUTOS DO SOLO NOS LOCAIS DE APLICAÇÃO DOS DEJETOS E DO MANEJO ADOTADO 11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO **13**
4.1 GERAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS DEJETOS NO SISTEMA FREE STALL 13
4.2 ATRIBUTOS DO SOLO NAS ÁREAS DE APLICAÇÃO DOS DEJETOS 14
4.3 ANÁLISE DAS PRÁTICAS DE MANEJO DOS DEJETOS NOS DIFERENTES SISTEMAS 19
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS **20**
REFERÊNCIAS **21**

1 INTRODUÇÃO

A produção de leite é uma das principais cadeias produtivas do agronegócio brasileiro, dispersa em todas as regiões e desenvolvida a partir de distintos sistemas de produção (MEDEIROS et al., 2023). No entanto, alguns estados se destacam pela concentração da produção, como Minas Gerais (MG), Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS). Contudo, a Região Sul é a que apresenta o maior volume da produção, tendo atingindo 35,4 bilhões de litros de leite em 2020, o que representa crescimento de 2,37% em relação ao ano de 2019 (CNABRASIL, 2021).

Com a elevada produção, o Brasil se tornou o terceiro maior produtor mundial de leite, atrás apenas dos Estados Unidos e da Índia. As regiões Sudeste e Sul do país concentram a maior produção do leite brasileiro (68%), apesar de registros de redução no número de produtores e de vacas ordenhadas. Fato que faz com que o Brasil importe do Uruguai e Argentina 2 bilhões (5%) de litros de leite para suprir a demanda Nacional (ROCHA et al., 2020).

A atividade leiteira no RS, a cada ano, contribui, em média, com cerca de 13,55 milhões de reais por município onde há algum tipo de produção de leite. Segundo dados do Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) de 2021, a atividade era realizada em 137.449 propriedades rurais, distribuídas em 493 municípios do Estado do RS. A produção envolve a ordenha de 1.062.575 vacas, que produzem 4,39 bilhões de litros por ano, destes, 4,05 bilhões de litros são destinados às indústrias e laticínios, restando para o consumo familiar cerca de 204,0 milhões de litros por ano (EMATER, 2021).

Para alcançar a alta produtividade, o processo de desenvolvimento da cadeia leiteira é essencial, destacando-se a modernização no meio rural, o desenvolvimento de novas tecnologias e da genética, bem como a desregulamentação da atividade ocorrida na década de 1990 (MEDEIROS et al., 2023). Essa evolução também é atribuída a maior importância dada ao leite como alimento, bem como a interação das diversas tecnologias incorporadas pelos sistemas produtivos, principalmente, a mecanização de todas as fases da produção. Essas mudanças contribuíram para a melhoria da competitividade no setor, possibilitando novas oportunidades produtivas e mercadológicas (VILELA et al., 2017). Os avanços no setor ainda possibilitaram maior rentabilidade aos produtores, devido a redução dos custos de produção no passado (ROCHA et al., 2018), momento em que não se considerava a alta dos preços dos insumos agrícolas devido a pandemia da COVID-19 e o conflito entre Rússia e Ucrânia.

Junto com o aumento da produção leiteira, tem-se a geração de um problema de ordem ambiental, decorrente do confinamento dos animais e, consequentemente, do elevado volume de dejetos produzidos diariamente em área reduzida. De acordo com Matos (2004), uma vaca de 400 kg produz de 38 a 50 kg de excretas por dia, sendo 28 a 32 kg de fezes e o restante de urina. Esses dejetos, quando não são devidamente manejados, podem contaminar o meio ambiente, principalmente o solo e cursos d'agua, provocando o aumento dos teores de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em água, além de coliformes, e diversos nutrientes, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), responsáveis pela eutrofização dos corpos d'água (GELAIN, 2005). A água residuária produzida por vacas leiteiras possui concentração de DBO de 4 a 14 vezes superior à do esgoto doméstico (MATOS, 2004).

Como consequência da aplicação dos dejetos em demasia no solo, Ferreira, Moreira e Rassini (2006) destacam que, o pH, o tipo de argila, a concentração de sais na solução e o teor de matéria orgânica são fatores que influenciam a toxidez e a solubilidade do alumínio, onde as raízes danificadas apresentam características com poucas ramificações finas, grossas, quebradiças e curtas, que inibem o crescimento das raízes. O crescimento das folhas é anormal, de coloração púrpura e nas folhas jovens há a presença de enrolamento. Já o excesso de zinco, diminui a produção de matéria seca da parte aérea das plantas, diminui a biomassa radicular e causa o bloqueio da absorção de ferro, fator este, que pode causar até a morte das plantas (BARROS, 2020).

Nesse sentido, quando a exploração do gado é feita em regime extensivo, a pasto, as excretas são distribuídas no solo onde sofrem processo completo de decomposição pelos microrganismos, reduzindo à contaminação do ambiente, dada a pequena concentração de animais que o regime implica (ASSENHEIMER, 2007). No entanto, esse sistema requer maior planejamento, implantação e manejo de pastagens, principalmente nas entre safras, além de elevar a degradação do solo quando ocorre à superlotação e provocar estresse nos animais expostos às elevadas temperaturas, acarretando redução da produção de leite (GRANDO et al., 2016). Por esses motivos, há o interesse por sistemas de confinamento, como Free Stall e Compost Barn.

No sistema Free Stall, os animais ficam livres em local coberto, cercado com baias individuais e área para a alimentação, o que proporciona maior conforto, economia de energia, aumento na produção, facilidade de higienização das baias e, consequentemente, redução de infecções nos animais. Nesse sistema, normalmente é realizada a limpeza diária dos dejetos que são conduzidos à esterqueira, nos corredores de acesso.

Por sua vez, no sistema de confinamento Compost Barn, os animais ficam em uma área comum, também coberta, com cama proveniente de material macio, que prioriza o conforto das vacas, visando o aumento na produção, longevidade, e redução das doenças e infecções de casco. Este sistema ainda apresenta menor custo se comparado ao Free Stall. Ademais, as fezes e urina das vacas são depositadas sobre uma camada de maravalha, sendo decomposta naturalmente até ser aplicada na lavoura, após um ano de uso (TOIGO, 2018).

Diante da importância desse setor produtivo e do elevado volume de excretas, este estudo se justifica na busca por práticas mais adequadas ao manejo desses dejetos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as práticas de manejo dos dejetos da bovinocultura leiteira em uma propriedade no município de Três Passos – RS.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Quantificar o volume de dejetos bovinos gerados pelos animais no sistema Free Stall.

Classificar o teor de sólidos nos dejetos gerados no sistema Free Stall.

Caracterizar os atributos do solo nas áreas de disposição dos dejetos.

Analisar as práticas de manejo dos dejetos bovinos gerados na propriedade estudada.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O estudo foi realizado em uma propriedade rural que trabalha com bovinos de leite, com área total de 16,32 hectares, localizada na BR 468, no município de Três Passos/RS. Este empreendimento possui 150 animais em sistema Free Stall e 225 animais em sistema Compost Barn, e mais 25 bezerros alojados em baias separadas. São necessários 10 funcionários para realizar os três turnos de trabalho, sendo produzidos diariamente 5.000 litros de leite.

A propriedade possui sala de ordenha, resfriador, refeitório, vestiário, depósito, escritório, pavilhões em sistema Free Stall e Compost Barn, além de galpão para terneiras,

novilhas, vacas secas, pré-parto, e armazenagem de ração e feno, totalizando 8.184 m² de área construída. A propriedade também possui quatro esterqueiras, sendo duas de concreto (196 e 200 m³), e outras duas escavadas e impermeabilizadas com geomembrana, com 1500 m³ e 1150 m³, respectivamente. As esterqueiras são utilizadas para pré-estabilização dos dejetos dos animais da propriedade, exceto daqueles que ficam no sistema Compost Barn, que não opera com dejetos líquidos e/ou pastosos.

3.2 QUANTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS DEJETOS BOVINOS GERADOS NO SISTEMA FREE STALL

A quantificação dos dejetos bovinos gerados no sistema Free Stall foi realizada com base no número de vacas e bezerros que tem seus dejetos destinados às esterqueiras, considerando-se, ainda, o volume diário gerado por animal, a partir de informações repassadas pelos proprietários. Para tanto, considerou-se 150 vacas e 25 bezerros, com geração média por vaca de 40 litros de dejetos ao dia e de 15 litros de dejetos por bezerro ao dia. Para a quantificação total, multiplicou-se o número de animais, pelo respectivo valor gerado por animal, de acordo com seu porte.

A classificação da consistência dos dejetos bovinos gerados no sistema Free Stall foi realizada com base no teor de sólidos, considerando as três classes: sólido (16% ou mais de sólidos), semissólido (12 a 16% de sólidos) e líquido (12% ou menos de sólidos), como determinado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2022). O teor de sólidos foi determinado a partir da massa existente em aproximadamente 250 ml de dejetos seco em chapa de aquecimento a 105±2 ºC, até atingir peso constante, com posterior aplicação na Equação 1. Neste processo foram utilizadas seis amostras homogêneas coletadas em diferentes dias de setembro e novembro de 2022, no momento da raspagem dos dejetos, e sem diluição. O resultado representa à média e o desvio padrão dos diferentes momentos da coleta.

$$Teor\ de\ sólidos\ (\%) = \frac{massa\ seca}{massa\ amostra}\ x\ 100 \qquad (1)$$

3.3 ANÁLISE DOS ATRIBUTOS DO SOLO NOS LOCAIS DE APLICAÇÃO DOS DEJETOS E DO MANEJO ADOTADO

Atualmente a propriedade possui autorização, por licença ambiental, para realizar a disposição dos dejetos bovinos em dez áreas agrícolas, próximas à propriedade, após 120 dias de permanência dos dejetos nas esterqueiras. A caracterização dos atributos do solo foi realizada em seis dessas áreas a partir das análises dos seguintes parâmetros: argila; pH em água; índice SMP; fósforo (P); potássio (K); matéria orgânica; cálcio (Ca); magnésio (Mg); capacidade de troca catiônica (CTC); alumínio (H+Al); saturação por bases; enxofre (S); zinco (Zn); cobre (Cu); e manganês (Mn). As coletas das amostras de solo ocorreram na camada de 0-20 cm, em diferentes pontos das áreas de aplicação. De cada área, frações foram homogeneizadas e analisadas no laboratório de solos (ANAGRO) da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solos do RS e de SC – ROLAS.

Três áreas foram selecionadas para comparação dos atributos com solos da região, sendo duas áreas na localidade de Padre Gonzáles e uma em Bela Vista. Os atributos das áreas de Padre Gonzáles foram comparados com uma área controle, amostrada em barranco da mesma localidade para comparação, sem uso agrícola para evitar a interferência de outras formas de adubação orgânica e/ou mineral.

Já os atributos da área de disposição de dejetos em Bela Vista foram comparados com uma área de cultivo agrícola na mesma localidade, que passou por correções em anos anteriores. Desta forma, foi possível verificar os efeitos da disposição dos dejetos no solo, sob diferentes condições de comparação.

A análise do manejo dos dejetos foi realizada com base nas práticas adotadas na propriedade, identificando *in loco*, e com o proprietário, o período médio de estabilização nas esterqueiras, as formas, o controle e as quantidades de dejetos dispostos no solo provenientes do sistema Free Stall. Também foi verificado o manejo dado ao material da cama de compostagem do sistema Compost Barn.

De posse dessas informações foram verificados possíveis aspectos a serem melhorados com vistas à minimização dos riscos de contaminação ambiental de solos e águas, desde a coleta, armazenamento, tratamento, transporte e disposição final dos dejetos. Para a identificação de melhorias ao processo, considerou-se o sistema de produção, e as características de disposição final, que são fundamentais para adoção das práticas adequadas de manejo, conforme recomendações na literatura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

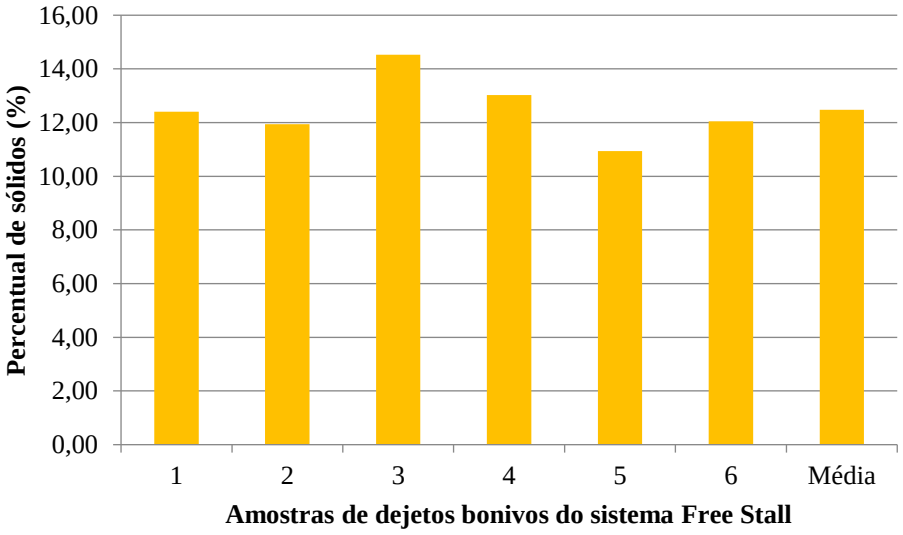
4.1 GERAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS DEJETOS NO SISTEMA FREE STALL

A geração de dejetos pelas vacas no sistema Free Stall é de 6.000 litros (150 animais x 40 litros/dia) por dia, e outros 375 litros diários (25 animais x 15 litros/dia) são provenientes dos bezerros. Portanto, diariamente são gerados aproximadamente 6.375 litros de dejetos que são encaminhados às esterqueiras. Ao se extrapolar o valor para 120 dias, que é o período em que os dejetos permanecem nas esterqueiras, tem-se 765.000 litros, ou 765 m³ de dejetos. Os dados diários de geração de dejetos, por animal, estão em conformidade com a faixa de valores apresentada por Matos (2004).

Corroborando esta estimativa, Batti et al. (2018) apresentaram dados de que, vacas em período de lactação geram em média 45 kg/dejeto/dia, podendo chegar até 5,7 kg de dejeto para cada litro de leite produzido.

Quanto à classificação dos dejetos em função do teor de sólidos, os resultados das seis amostras analisadas, bem como da média, são apresentados na Figura 1. Por meio desta, verificou-se variação de 10,94% a 14,53% no teor de sólidos dos dejetos coletados nas esterqueiras nas seis amostras analisadas, o que resultou em teor médio e desvio padrão de 12,48 ± 1,21%, respectivamente. Este, portanto, é classificado, segundo a EMBRAPA (2022), como semissólido.

Figura 1 – Teor de sólidos dos dejetos bovinos provenientes no sistema Free Stall em Três Passos/RSo teor de sólidos é



Podem interferir na concentração de sólidos dos dejetos, a quantidade de matéria seca ingerida pelos animais, a concentração de nutrientes, a digestibilidade da dieta e a quantidade de água utilizada nos processos de higienização dos ambientes (GELAIN, 2011). Segundo Campos (2001) e Gelain (2011), devido a limpeza das instalações, deve-se utilizar água para a remoção do esterco, isso tende a diluir os teores de sólidos desses sistemas, resultando em dejetos semissólidos, como encontrado neste estudo, que é considerado muito úmido para o sistema sólido e, pouco diluído para o sistema líquido. Nessas condições, o manejo de estercos semissólidos dá-se através de tanques tracionados por trator, ou equipados com sistema vácuo-compressor para as operações de homogeneização, carregamento e distribuição.

Considerando-se o volume de dejetos por ciclo das esterqueiras (120 dias), ou seja, 765 m³, e o teor de sólidos de 12,48%, tem-se o equivalente a 95,5 toneladas de esterco seco destinados as áreas agricultáveis a cada quatro meses, dado este confirmado pelos proprietários.

4.2 ATRIBUTOS DO SOLO NAS ÁREAS DE APLICAÇÃO DOS DEJETOS

Das dez propriedades com autorização para ser realizada a disposição dos dejetos, foi realizada a caracterização de seis, cujos resultados são apresentados na Tabela 1. As áreas possuem histórico de aplicação de dejetos bovinos há 14 anos.

Tabela 1 - Atributos dos solos de seis áreas agrícolas de aplicação dos dejetos bovinos provenientes do sistema Free Stall, da propriedade estudada em Três Passos, em 2022

Parâmetro	Localidade					
	Padre Gonzáles		Feijão Miúdo		Bela Vista	Santo Antônio
	Área 1	Área 2	Área 1	Área 2		
Argila (%)	31,0	46,0	35,0	44,0	32,0	8,0
pH	6,8	6,1	6,7	5,1	6,3	6,0
Índice SMP	6,8	6,5	6,7	5,7	6,4	6,4
P (mg L^{-1})	39,0	52,5	32,0	3,8	5,0	35,0
K (mg L^{-1})	383,0	569,0	709,5	144,5	460,0	391,0
M.O. (%)	3,2	3,3	4,2	2,2	2,9	2,0
Al (cmolc L^{-1})	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Ca (cmolc L^{-1})	11,9	8,2	9,1	5,5	9,1	17,9
Mg (cmolc L^{-1})	3,4	3,6	5,2	1,8	3,6	7,8
CTC (cmolc L^{-1})	18,0	15,8	18,1	13,9	16,7	29,5
H +Al (cmolc L^{-1})	1,7	2,5	2,0	6,2	2,8	2,8

% Sat. Bases	90,5	84,1	89,0	55,3	83,2	90,5
S (mg L^{-1})	13,1	13,7	20,4	15,4	8,6	6,7
Zn (mg L^{-1})	52,0	26,4	42,0	13,6	19,2	7,3
Cu (mg L^{-1})	11,7	17,8	20,0	22,3	15	1,4
B (mg L^{-1})	0,5	0,6	0,3	0,3	0,4	0,2
Mn (mg L^{-1})	1,0	10,0	2,0	25,0	1,0	4,0

Analisando a Tabela 1, percebe-se que os teores de argila variaram de 0,8% a 46% nas amostras coletadas em Padre Gonzáles, Feijão Miúdo e Bela Vista e Santo Antônio Semelhante ao encontrado por este trabalho, solos com teores de argila mais elevados tendem a apresentar maiores teores de matéria orgânica (MAJURU et al., 2013), especialmente ligado a frações físicas mais estáveis, como óxidos e hidróxidos de Fe e Al da fração que compõe a argila (LOURENZI, 2014), o que é importante no que se refere a estabilização do carbono dos dejetos aplicados no solo.

No Boletim Técnico nº 30 do Ministério da Agricultura (1973), a classificação do solo que predomina no município de Três Passos é o argiloso, conhecido como Latossolo, que são solos profundos, moderadamente ácidos, bem drenados, com teores reduzidos de matéria orgânica e pouca reserva de nutrientes para as plantas.

Também se percebe valores elevados de P em quatro das seis áreas, com exceção de Bella Vista e Feijão Miúdo (área 2), além de valores altos de K, exceto na área 2 na localidade de Feijão Míúdo. Concentrações mais elevadas de nutrientes já são esperadas em áreas com uso sucessivo de dejetos de animais ao longo do tempo, conforme relatado por Silva et al. (2004) que ao analisarem a aplicação de dejetos bovinos em milho, observaram que o resíduo promoveu incrementos nos teores de P e K no solo, além do aumento na produtividade da cultura, e da melhor retenção de água no solo.

Os resultados dos atributos do solo nas áreas de aplicação dos dejetos bovinos em Padre Gonzáles e na área controle, amostrada em barranco da mesma localidade para comparação, podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 - Atributos dos solos de duas áreas de Padre Gonzáles com aplicação de dejetos bovinos, e área controle com amostra coletada em barranco da mesma localidade, sem interferência de uso agrícola, em Três Passos

Parâmetro	Localidade		
	Padre Gonzáles		Controle (solo de barranco)
	Área 1	Área 2	
Argila (%)	31,0	46,0	47,0
pH	6,8	6,1	7,3
Índice SMP	6,8	6,5	6,9
P (mg L^{-1})	39,0	52,5	28,2
K (mg L^{-1})	383,0	569,0	455,0
M.O. (%)	3,2	3,3	3,1
Al (cmolc L^{-1})	0,0	0,0	0,0
Ca (cmolc L^{-1})	11,9	8,2	11,4
Mg (cmolc L^{-1})	3,4	3,6	3,2
CTC (cmolc L^{-1})	18,0	15,8	17,3
H +Al (cmolc L^{-1})	1,7	2,5	1,6
% Sat. Bases	90,5	84,1	91,0
% Sat. Al	0,0	0,0	0,0
S (mg L^{-1})	13,1	13,7	3,0
Zn (mg L^{-1})	52,0	26,4	42,1
Cu (mg L^{-1})	11,7	17,8	11,6
Mn (mg L^{-1})	1,0	10,0	0,1

Ao se comparar os valores das duas áreas com aplicação de dejetos e a área controle na localidade de Padre Gonzáles, observa-se valores mais elevados na área 2 para os parâmetros P, K, M.O., Mg, Cu e Mn, o que indica aplicações em maior quantidade de dejetos nessa área. Ainda assim, não se observa diferenças expressivas em valores absolutos para os atributos M.O., Ca, Mg, CTC, e H+Al, quando comparada ao solo em que que não houve aplicação de dejetos.

Os valores de pH foram mais baixos nas áreas 1 e 2 de Padre Gonzáles (6,8 e 6,1, respectivamente), em relação ao controle (7,3). Esses resultados estão diferentes dos encontrados por Silva (2021), que observou uma tendência de aumento do valor do pH dos solos pela aplicação dos resíduos orgânicos bovinos, tendo relatado casos em que o aumento foi de 23,53%. Contudo, conforme Yan et al. (1996), ao adicionar o fertilizante orgânico ao solo, intensifica-se a atividade microbiana possibilitando a transformação do nitrogênio a nitrito e nitrato, pelo processo de nitrificação, o que resulta na acidificação do solo, como observado no presente estudo.

Considerando-se os teores de P observados nas áreas com aplicação de dejetos, de 39,0 e 52,5 mg L^{-1}, segundo o Manual de Adubação e Calagem para os estados do RS e de SC (CQFS, 2016), esses estão classificados como muito alto (acima do teor crítico), enquanto que na área controle, se classificam como alto (dentro do teor crítico). O teor crítico é o limite superior da faixa "Médio", onde normalmente obtém-se rendimentos próximos a máxima eficiência econômica das culturas. As faixas "Muito baixo", "Baixo" e "Médio" correspondem a rendimentos menores de 40%, de 40 a 75% e de 75 a 90% do rendimento máximo, respectivamente, indicando muito alta, alta e média probabilidade de resposta a adição do nutriente. Os teores na faixa "Muito Alto" podem, eventualmente, ser excessivos e restringir o rendimento das culturas, dependendo do nutriente e dos valores atingidos (CQFS, 2016).

Ressalta-se que o P é um elemento essencial a plantas e animais, por isso é comumente incorporado em áreas de cultivo, mas quando aplicado ao solo em demasia assume potencial poluidor, especialmente em águas superficiais, influenciada pela intensidade e duração da chuva, taxa de infiltração de água no solo, e a topografia (KLEIN e AGNE, 2012).

O teor de S se apresentou como parâmetro relevante, pois na área controle a concentração foi 4,33 vezes inferior a observada nas áreas com aplicação. Esses resultados sugerem um incremento em valores absolutos de S nas áreas com aplicação dos dejetos de bovinos, passando de médio para alto (CQFS, 2016). Assim como o P, o S é um dos elementos essenciais para a vida das plantas. O teor crítico de S no solo, considerado pela CQFS RS/SC (2016), é de 5,0 mg L^{-1} para culturas menos exigentes, e 10 mg L^{-1} para culturas mais exigentes, portanto, a concentração disponível nas áreas agricultáveis supera os valores críticos mencionados.

Na área 1 de Padre Gonzáles, os teores de Cu e Zn encontrados foram de 11,7 e 52,0 mg/L, respectivamente, enquanto que na área 2, foram de 17,8 e 26,4 mg/L. Para o controle os valores foram de 11,6 e 42,1 mg/L de Cu e Zn, respectivamente. Estudos realizados em solos agrícolas revelam que os teores de metais tóxicos, como Cu e Zn, ultrapassam os valores de padrões pré-estabelecidos pelas agências ambientais reguladoras (Li et al., 2017). Contudo, neste estudo verificou-se que os valores de Cu e Zn nas áreas com aplicação de dejetos bovinos ainda se encontram abaixo dos valores de referência estipulados pela Portaria 085/2014, da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM), para solos formados sobre Rochas Vulcânicas do Planalto, que são de 165 e 102 mg kg^{-1}, respectivamente (FEPAM, 2014).

Para o Mn, somente na área 2 de Padre Gonzáles o teor é considerado alto (acima do teor crítico) de acordo com o Manual de Adubação e Calagem para os estados do RS e de SC

(CQFS, 2016). O Mn pode ser encontrado no solo em diversas formas, porém a forma disponível para ser absorvido pelas plantas, ou lixiviado, é a forma de Mn^{2+} e complexos orgânicos (LINDSAY,1972).

Os resultados dos atributos do solo na área de aplicação dos dejetos bovinos em Bela Vista e na área agrícola para comparação, podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 – Atributos do solo da área de aplicação de dejetos bovinos em Bela Vista, e área agrícola na mesma localidade utilizada como comparativo, em Três Passos

Parâmetro	Localidade	
	Bela Vista	Controle (Área agrícola)
Argila (%)	32,0	47,0
pH	6,3	5,6
Índice SMP	6,4	6,0
P (mg L^{-1})	5,0	4,1
K (mg L^{-1})	460,0	271,0
M.O. (%)	2,9	3,8
Al (cmolc L^{-1})	0,0	0,1
Ca (cmolc L^{-1})	9,1	6,9
Mg (cmolc L^{-1})	3,6	3,3
CTC (cmolc L^{-1})	16,7	15,3
H +Al (cmolc L^{-1})	2,8	4,4
% Sat. Bases	83,2	71,4
% Sat. Al	0,0	0,9
S (mg L^{-1})	8,6	45,7
Zn (mg L^{-1})	19,2	14,0
Cu (mg L^{-1})	15,0	8,9
Mn (mg L^{-1})	1,0	107,9

Pela análise da Tabela 3 percebe-se valores mais elevados de bases como K e Ca e, consequentemente, da saturação por bases, na área com aplicação dos dejetos, o que pode contribuir para que o pH do solo se mantenha mais elevado em relação a área agrícola utilizada para comparação.

Ainda, pode-se perceber valores mais elevados de Zn e Cu na área com aplicação de dejetos, possivelmente em decorrência das rações bovinas que possuem esses metais na sua formulação, os quais não são completamente absorvidos pelos animais e passam para os dejetos. Apesar das concentrações mais elevadas de Zn e Cu na área com aplicação de dejetos, estas também estão abaixo dos valores de referência estipulados pela Portaria 085/2014, da FEPAM,

para solos formados sobre Rochas Vulcânicas do Planalto (FEPAM, 2014), como apresentado anteriormente.

Nas análises de solo, os níveis de Matéria Orgânica costumam refletir diretamente nos níveis de outros parâmetros, visto que os elementos que apresentam cargas positivas são retidos pelas cargas negativas, devido a dissociação de hidroxilas dos grupamentos carboxílicos e fenólicos, principalmente (RONQUIN, et al., 2010).

Ao analisarem áreas sem o uso de dejetos bovinos, Alves et al. (2021) observaram aumento nos teores das bases P, K, Ca, Mg, Zn, Cu e Mn, bem como, aumento na soma e saturação por bases em decorrência da elevação dos teores destes elementos.

Porém, na área estudada em Bela Vista, os dados se apresentaram de forma diferente, pois os menores níveis de M.O. foram observados na área com aplicação de dejetos bovinos, a qual também apresentou os maiores níveis de P, K, Ca, Zn, Cu e saturação por bases, exceto Mn, que apresentou maiores níveis na área sem aplicação de dejetos bovinos.

Por fim, Alves et al. (2021), além de Silva (2018), observaram diminuição da acidez potencial (H+Al), o que também ocorreu no presente trabalho, que somado ao fato das bases terem aumentado seus teores, contribuíram para o valor de pH mais elevado na área com aplicação de dejetos. Os autores ainda afirmam que ao interromper a aplicação deste esterco no solo, os teores de H e Al não aumentaram em curto prazo.

4.3 ANÁLISE DAS PRÁTICAS DE MANEJO DOS DEJETOS NOS DIFERENTES SISTEMAS

O manejo dos dejetos gerados no sistema Free Stall inicia com a raspagem no corredor de acesso, realizada três vezes ao dia, no mesmo instante que os animais são ordenhados. A remoção dos dejetos é realizada por um raspador motorizado, operado por funcionário, sendo destinados a um bueiro que os conduz às esterqueiras, onde permanecem para estabilização por até 120 dias.

Decorrido o período de estabilização, as esterqueiras são esvaziadas por caminhão tanque, conforme a necessidade para se manter dentro da capacidade de operação existente. Em seguida, os dejetos são destinados a lavouras, onde são distribuídos como biofertilizantes. A definição do local a ser aplicado os dejetos ocorre conforme a necessidade das culturas de cada área, sendo realizada a aplicação antes do plantio nas áreas de cultivo de milho e soja e sobre capim tifton nas demais áreas. No total são 154,69 hectares, distribuídos em 10 propriedades

com autorização, conforme licença ambiental, para aplicação dos dejetos bovinos. Desta maneira, tem-se realizado a aplicação de 10 toneladas de dejetos/hectare/ano.

Os dejetos bovinos quando não tratados adequadamente, possuem alto potencial poluidor (MATOS et al., 2015). Esta ausência do tratamento pode causar problemas como proliferação de moscas, transmissão de doenças e parasitoses, poluição de lençóis freáticos e mau cheiro (ZULPO,2020). O manejo adotado na propriedade para o tratamento de dejetos do sistema Free Stall, com as lagoas de estabilização, minimiza, na maioria das vezes, os problemas ambientais.

O manejo dos dejetos do sistema do Compost Barn, *"in loco*", ocorre conforme a necessidade de repor a base da cama dos animais. Quando retirados do composto, são depositados em um local na propriedade, até serem aplicados na lavoura. Os fatores determinantes para a troca ou reposição desta base é o teor de umidade, provocado pelas águas da chuva, urina dos animais ou por vazamentos dos bebedouros, seguido da temperatura que deve estar entre 40 a 50 °C (CALDATO et al., 2020), e a ventilação do espaço por meio de ventiladores ou ventilação natural. Este processo é analisado diariamente durante o revolvimento da cama para que ocorra a compostagem, esta ação acontece três vezes ao dia com o auxílio de um arado subsolar acoplado a um trator, durante o período em que os animais estão sendo ordenhados. Quando é necessário a substituição da base da cama, o material é retirado e acondicionado na propriedade para que após um período possa ser distribuído na lavoura onde as áreas de plantio estão livres para receber o composto. De acordo com Brito (2016), esta prática só deve ser realizada quando não há evidencias das partículas originais da cama.

Ainda em relação ao sistema Compost Barn, sugere-se, após a retirada ou substituição da base da cama, o acondicionamento deste material em local coberto até que seja finalizado o processo de compostagem, para evitar a contaminação do solo e das águas por lixiviação de agentes nocivos presentes nas fezes e urina dos animais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste estudo possibilitou estimar o volume de 6.375 litros por dia de dejetos gerados na propriedade pelo sistema Free Stall. Estes dejetos apresentaram teor médio de sólidos de 12,48%, sendo classificados como semissólidos.

A maioria das áreas com aplicação dos dejetos bovinos apresentaram teores mais elevados de matéria orgânica e nutrientes, comparado as áreas sem aplicação, o que indica o potencial de aumento de fertilidade do solo pela aplicação dos dejetos.

Por fim, no sistema do Free Stall, o manejo está de acordo com a legislação vigente. Contudo, no sistema Compost Barn deve ser melhorado a forma de acondicionamento temporário da cama para que haja a estabilização, sem riscos de contaminação do solo e das águas, até a disposição final no solo.

REFERÊNCIAS

ALVES, D.F. et al. **Efeitos de diferentes fontes de material orgânico na fertilidade e umidade do solo**. p 652-653, 2021

ASSENHEIMER, A. **Tratamento de dejetos bovinos em sistema intensivo de produção de leite com aeração mecânica**. 95f. 2007. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon. 2007.

BATTI, Julia Cesino Bez et al. **Digestão anaeróbia de dejeto de vaca leiteira: um estudo do uso de cinzas de casca de arroz para aumentar a produção de biogás**. 2018.

BARROS.C.F.J., **Fertilidade do Solo e Nutrição das Plantas, Escola de Ciência e Tecnologia Departamento de Fitotecni,** (p. 27, Évora 2020).

CALDATO, R.M.E.; CALDATO.A, MARCONDES.I.M.; ROTTA.P.P**. Manual Técnico de construção e Manejo de Compost Barn para Vacas Leiteiras,** p. 29, 2020.

CAMPOS, A. T. de. **Tratamento e manejo de dejetos de bovinos**. Instrução técnica para o produtor de leite nº 52. EMBRAPA - Cnpg.

CQFS-RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS-NRS, 376 p., 2016.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2009. **Resolução CONAMA nº 420 de 28/12/2009**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 dez. 2009 Brasil.

CNABRASIL. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Comunicado Técnico. **Pesquisa pecuária municipal**, 2020. Edição 30/2021. Disponível em: https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/boletins/Comunicado-Tecnico-CNA-ed-30_2021.pdf. Acesso em: 04 jul. 2022.

EMATER. **Relatório socioeconômico da cadeira produtiva do leite no Rio Grande do Sul**. 2021. Disponível em: :http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/teses/Relatorio%20Cadeia%20do%20Leite%202021pdf. Acesso em: 05 jul. 2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Agronegócio do Leite. **Manejo dos Dejetos**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_250_21720039249.html. Acesso em: 24 jun. 2022.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. **Portaria 085**. 2004. Dispõe sobre o estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade (VRQ) dos solos para 09 (nove) elementos químicos naturalmente presentes nas diferentes províncias geomorfológicas/geológicas do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/legislacao/arq/Portaria085-2014.pdf. Acesso em: 02 dez. 2022.

FILHO, P.J.M.; REICHERT, H.; SCHUMACHER, G. [2002]. A pecuária no rio grande do Sul: a origem, a evolução recente dos rebanhos e a produção de leite. **Biblioteca AGPTEA.** Disponível em: https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia/bovinocultura/artigos/A%20PECUARIA%20NO%20RS%20A%20ORIGEM%20A%20EVOLUCAO%20RECENTE%20DOS%20REBANHOS%20E%20A%20PRODUCAO%20DE%20LEITE.pdf. Acesso em: 04 jul. 2022.

GELAIN, R.E. **Dejetos de bovinos de leite no assentamento Santa Julia - Júlio de Castilhos (RS): produção e possibilidades de uso**. 66 f. 2011. Monografia de especialização (Especialização em Agricultura Familiar Camponesa e Educação do Campo). Universidade Federal de Santa Maria – RS. Santa Maria. 2011.

MATOS, F.C., PINHEIRO.M.F.F.E., PAES.L.J., LIMA.E., MARQUES.S.A., CAMPOS.B.V.D., **Efeito da Aplicação de Biofertilizantes de Dejetos de Bovinos no Solo e Cultura do Sorgo,** (p.2, São Paulo, 2015). Disponível em https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139614/1/2015-213.pdf

FERREIRA, P.A., MOREIRA.A., RASSINI.B.J. **Toxidez de alumínio em culturas anuais. Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária)**, documento 63, p.9, São Carlos 2006.

GRANDO, D. L.; WALTER, A.; SIQUEIRA, D. C.; VARGAS, T. **Comparação do sistema de produção de leite com alimentação a base de pasto e confinamento nos sistemas Free-Stall e Compost Barn**. InovaAgro. I Workshop de Práticas Tecnológicas no Agronegócio. Faculdade Irecê – FAI. 2016.

LOURENZI, C.R. **Dejetos de suínos: produção de culturas, efeitos na matéria orgânica e na transferência de formas de fósforo**. 127f. 2014. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria. 2014.

MATOS, A.T. de. **Manejo e tratamento de resíduos agroindustriais**. Viçosa: DEA/UFV. Caderno didático n.31. 120 p. 2004.

MEDEIROS, A. P.; MELZ, L. J.; FAVARETTO, J.; BENDER FILHO, R. Qualidade no relacionamento entre indústrias e produtores de leite: análise da mesorregião noroeste do Rio Grande do Sul. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, v.61, n.2, 2023. DOI: https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.248266.

MUJURU, L. et al. Land use and management effects on soilorganic mater fractions in Rholic Ferrasols and Haplic Arenosols in Bindura and Shamva districtis of Zimbabwe. **Geoderma**, n. 209-210, p. 262-272.

ROCHA, D. T.; RESENDE, J. C.; MARTINS, P. C. **Evolução tecnológica da atividade leiteira no Brasil: uma visão a partir do sistema de produção da Embrapa gado de leite**. Juiz de Fora: Embrapa gado de leite. 2018.

ROCHA, T. D. da; CARVALHO.R. G; DE RESENDE.J.C. **Cadeia produtiva de leite no Brasil. Produção primária**. 2020. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215880/1/CT-123.pdf. Acesso em: 05 jul. 2022.

RONQUIN, C.C. et al. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais,** p.6 Campinas, São Paulo, 2010**.**

SILVA, H. M. **Metassíntese de aplicações de água residuária da bovinocultura com ênfase nos atributos de solos**. 2021. 88f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu – SP, 2021.

SILVA, J. et al. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.326-331, abril-junho 2004.

SILVA, M. S. **Efeitos de esterco bovino em atributos químicos e físicos do solo, produtividade de milho e créditos de nitrogênio**. 77 f. 2018. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2018.

LINDSAY, W. L. **Equilíbrio de fases inorgânicas de micronutrientes em solos**. Micronutrientes na agricultura, 1972. p. 41-57.

BRITO, C.E. **Produção intensiva de leite em Compost Barn. Uma avaliação técnica e economica sobre a sua viabilidade,** p. 38-40, 2016. Tese (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados), Minas Gerais 2016. Disponível em https://www2.ufjf.br/ppgctld/wp-content/uploads/sites/178/2016/12/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Final11.pdf

VILELA, D.; RESENDE, J. C.; LEITE, J. B.; ALVES, E. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista de Política Agrícola**, v.26, n. 1, p. 5-24, 2017.

TOIGO, R. **Comparativo entre os sitemas Free Stall e Compost Barn**. 28f. 2018. Monografia (Curso de Medicina Veterinária). Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, 2018. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/218393. Acesso em: 07 jul. 2022

YAN, F.; SCHUBERT, S.; MENGEL, K. Soil pH increase due to biological decarboxylation of organic anions. **Soil Biol Biochem**. v. 28, p. 617-24, 1996.

ZULPO, M. **Manejo e Caracterização dos dejetos compostados de bovinocultura de leite e sua contribuição ambiental.** Programa de Pós graduação em Ciências Ambientais, Passo Fundo, 2020.p. 16.