



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Influência da inclusão de monensina na dieta de ovelhas sobre a composição dos dejetos e potenciais de geração de biogás e metano

ÉRIKA CECÍLIA PEREIRA DA COSTA

DOURADOS – MS

Julho/2024

ÉRIKA CECÍLIA PEREIRA DA COSTA

Influência da inclusão de monensina na dieta de ovelhas sobre a composição dos dejetos e potenciais de geração de biogás e metano

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal da Grande Dourados, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientadora: Dr<sup>a</sup> Ana Carolina Amorim Orrico.

Dourados – MS

Julho/2024

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

C838i Costa, Erika Cecilia Pereira Da  
Influência da inclusão de monensina na dieta de ovelhas sobre a composição dos dejetos e potenciais de geração de biogás e metano [recurso eletrônico] / Erika Cecilia Pereira Da Costa. -- 2024.  
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Ana Carolina Amorim Orrico.  
TCC (Graduação em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2024.  
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Fermentação. 2. ionóforo. 3. ovinos. I. Orrico, Ana Carolina Amorim. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Fundação Universidade Federal da Grande Dourados  
Faculdade de Ciências Agrárias



## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** Influência da inclusão de monensina na dieta de ovelhas sobre a composição dos substratos e potenciais de geração de biogás e metano

**AUTOR:** Érika Cecília Pereira da Costa

**ORIENTADOR:** Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ana Carolina Amorim Orrico

Aprovado como parte das exigências para a obtenção do grau de bacharel em **ZOOTECNIA** pela comissão examinadora.

Documento assinado digitalmente  
 **ANA CAROLINA AMORIM ORRICO**  
Data: 26/07/2024 20:31:41-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ana Carolina Amorim Orrico  
(Orientadora)

Documento assinado digitalmente  
 **BRENDA KELLY VIANA LEITE**  
Data: 26/07/2024 21:09:57-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr<sup>ª</sup> Brenda Kelly Viana Leite

Documento assinado digitalmente  
 **MARCO ANTONIO PREVIDELLI ORRICO JUNIOR**  
Data: 26/07/2024 20:42:44-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior

Data de realização: 11 de Julho de 2024

Documento assinado digitalmente  
 **RODRIGO GAROFALLO GARCIA**  
Data: 02/08/2024 12:09:32-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia  
Presidente da Comissão do TCC-Zootecnia

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho ao meu pai Elizaldo Sabino (*im memorian*) por sempre me incentivar a seguir os meus objetivos e mesmo não estando mais aqui, continua sendo a fonte de coragem e força para seguir em frente e realizar tudo que um dia sonhamos juntos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por em momento algum me desamparar, me acolhendo e mostrando a força que tínhamos para superar os obstáculos imposto.

À minha mãe Sebastiana que sempre esteve ao meu lado, me apoiando, incentivando e mostrando a importância de buscar o que almejamos. E aos familiares que de forma direta e indireta também contribuíram para este momento.

À minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Carolina, que foi essencial para minha evolução e conhecimento adquirido neste tempo de orientação. Agradeço pelo nossos caminhos terem se cruzado e pelo acolhimento recebido, foi maravilhoso conviver esses anos com a senhora, sob a uma ótima orientação, auxiliando e desafiando as minhas habilidades sempre que necessário, tornando assim este momento possível. Que a nossa convivência não termine aqui, amo você.

Ao grupo de pesquisa “Produção Animal Sustentável: Reciclagem dos Resíduos e Manejo de Forragens”, em especial para as meninas que me ajudaram na condução desse trabalho: Brenda Leite, Isabella Menezes, Isabelly Alencar, Karina Blans, Luana Galdino, Nicolly da Silva, Mariany Simões e Matheus da Silva.

Obrigada a todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

**RESUMO:** A monensina é muito utilizada na alimentação de ruminantes, porém parte desse ionóforo é liberado nas fezes, podendo causar distúrbios nos processos de tratamento dos dejetos, como na biodigestão anaeróbia, tendo a redução da produção de metano (CH<sub>4</sub>). Assim a separação física de frações sólido-líquido pode ser uma alternativa para reduzir a fração fibrosa e a concentração de monensina no substrato. O objetivo da pesquisa foi avaliar a influência de doses de monensina na alimentação de ovinos, sobre a biodigestão anaeróbia dos dejetos, em dois tempos de retenção hidráulica (TRH). Para isso foram utilizados os dejetos gerados por ovelhas da raça Pantaneira, alimentadas com doses 0, 8, 14 e 20 mg de monensina kg<sup>-1</sup> de matéria seca ingerida. A coleta de dejetos foi realizada através da raspagem das baias, sendo na sequência preparados os substratos que foram peneirados (malha de 1mm) para realizar a separação de frações ou não, tendo assim substratos não peneirados (NP) e peneirados (P). O tempo de digestão foi de 20 e 30 dias (TRH 20 e 30, respectivamente), que foram avaliados de forma independente. Adotou-se 3% de sólidos totais (ST) como concentração inicial dos afluentes, sendo esse valor inferior nos substratos que foram peneirados. Foi observada influência prejudicial da monensina em todos os parâmetros avaliados, se intensificando de acordo com o aumento das doses do ionóforo na alimentação das ovelhas, como na redução de ST, obtendo médias de 48,05% para o grupo controle e 35,06% para o grupo 20 mg (TRH 30 e condição NP), os sólidos voláteis (SV) obtiveram comportamentos similares aos ST. Os potenciais de biogás foram máximos no tratamento controle com 173,03 e 239,0 l/kg de ST adicionado em ambos os TRH (20 e 30 dias) na condição P, tendo a redução do potencial de acordo com a inclusão de monensina. Nos potenciais de metano ficou evidenciado a influência desse ionóforo, atingindo os resultados máximos de produção na inclusão de 0mg em ambos os TRH e condições (P e NP) e os menores resultados sendo concentrado na inclusão 20mg. Já os teores de FDN tiveram aumento de acordo com a maior inclusão de monensina nas dietas, tendo valores médios de 54,73 e 56,26% para as inclusões 0 e 20mg respectivamente, na condição NP. E os valores de DQO foram menores quando teve a presença de monensina e maior TRH. Como resultados foi observado o efeito prejudicial da monensina nos potenciais de produção de biogás e CH<sub>4</sub>, em ambas as condições (NP e P) e TRH (20 e 30 dias). A separação de frações e o TRH de 30 dias foram essenciais para alcançar melhores potenciais de produção de biogás e metano durante a biodigestão anaeróbia, permitindo assim maior eficiência de conversão dos substratos em energia.

**Palavras chaves:** Fermentação; ionóforo; ovinos.

**ABSTRACT:** Monensin is widely used in ruminant feed, but a portion of this ionophore is excreted in feces, potentially disrupting waste treatment processes such as anaerobic digestion by reducing methane (CH<sub>4</sub>) production. Physical separation of solid-liquid fractions may reduce the fibrous content and monensin concentration in substrates. This research aimed to evaluate the impact of monensin doses in sheep feed on the anaerobic digestion of waste at two hydraulic retention times (HRT). We used waste from Pantaneira sheep fed with 0, 8, 14, and 20 mg of monensin per kg of dry matter. Waste was collected, scraped from stalls, prepared, and sieved (1 mm mesh) to separate the fractions, resulting in non-sieved (NP) and sieved (P) substrates. Digestion times of 20 and 30 days (HRT 20 and 30) were independently evaluated. An initial total solids (TS) concentration of 3% was used, with lower values in sieved substrates. Monensin negatively impacted all evaluated parameters, with effects intensifying at higher doses. TS reduction averaged 48.05% for the control group and 35.06% for the 20 mg group (HRT 30, NP condition), with volatile solids (VS) showing similar trends. Biogas production was highest in the control group, with 173,03 and 239,0 l/kg TS added in both HRTs (20 and 30 days) in the P condition, and decreased with higher monensin inclusion. Maximum methane production was achieved at 0 mg monensin in both HRT and substrate conditions (P and NP), while the lowest was at 20 mg. Neutral detergent fiber (NDF) content increased with higher monensin doses, averaging 54.73% and 56.26% for 0 and 20 mg respectively in the NP condition. Chemical oxygen demand (COD) values were lower with higher monensin presence and longer HRT. These results demonstrate a detrimental effect of monensin on biogas and CH<sub>4</sub> production potentials under both conditions (NP and P) and HRTs (20 and 30 days). Fraction separation and a 30-day HRT are crucial for optimizing biogas and methane production during anaerobic digestion, enhancing substrate-to-energy conversion efficiency.

**Keywords:** Fermentation; ionophore; sheep; anaerobic digestion; methane production.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Biodigestores Anaeróbios utilizados no experimento .....	10
Figura 2. Peneiramento do substrato .....	10
Figura 3. Análise de biogás .....	11
Figura 4. Amostragem dos afluentes e efluentes .....	11
Figura 5. Determinação Química de Oxigênio .....	11
Figura 6. Produção de biogás (L) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P) .....	15
Figura 7. Produção de biogás (L) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P) .....	15
Figura 8. Teores de Metano (%) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P) .....	16
Figura 9. Teores de Metano (%) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e peneirados (P) ou não peneirados (NP) .....	16
Figura 10. Potenciais de produção de biogás (l/kg de ST adicionado) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P) .....	18
Figura 11. Potenciais de produção de biogás (L/kg de ST adicionado) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P) .....	18
Figura 12. Potenciais de produção de biogás (L/kg de SV adicionado) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P) .....	19
Figura 13. Potenciais de produção de biogás (L/kg de SV adicionado) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P) .....	20
Figura 14. Potenciais de produção de metano (L/kg de ST adicionado) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P) .....	21
Figura 15. Potenciais de produção de metano (L/kg de ST adicionado) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P) .....	21
Figura 16. Potenciais de produção de metano (L/kg de SV adicionado) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P) .....	22

- Figura 17. Potenciais de produção de metano (L/kg de SV adicionado) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P) .....23
- Figura 18. Demanda Química de Oxigênio – DQO (mg O<sub>2</sub>/litro) em substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P) .....25
- Figura 19. Demanda Química de Oxigênio – DQO (mg O<sub>2</sub>/litro) em substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P) .....25

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Teores de sólidos totais (ST) em substratos preparados a partir dos dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina, submetidos ou não ao peneiramento e digeridos por 20 ou 30 dias de tempo de retenção hidráulica (TRH).....9
- Tabela 2. Reduções de sólidos totais e voláteis (ST e SV) em substratos preparados a partir dos dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina, submetidos ou não ao peneiramento e digeridos por 20 ou 30 dias de tempo de retenção hidráulica (TRH).....13
- Tabela 3. Concentrações de Nitrogênio (%) em substratos preparados a partir dos dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina, submetidos ou não ao peneiramento e digeridos por 20 ou 30 dias de tempo de retenção hidráulica (TRH) .....24

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	xi
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA .....	3
MATERIAL E MÉTODOS.....	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	13
<b>Reduções de sólidos totais e voláteis e teores dos constituintes fibrosos</b> .....	13
<b>Produções de biogás e teores de metano</b> .....	15
<b>Potenciais de produção de biogás e metano</b> .....	17
<b>Qualidade do biofertilizante</b> .....	23
CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27

## INTRODUÇÃO

No Brasil há a criação de ovinos por todo o país, sendo o rebanho nacional estimado em 21,5 milhões de animais e a região nordeste a que concentra o maior número de animais, com aproximadamente 69,9% do total do rebanho (IBGE 2023). A ovinocultura é uma atividade pecuária de grande importância econômica, pois são animais de fácil adaptabilidade, produzidos desde o clima semiárido ao frio, que podem fornecer produtos como carne, leite e lã. Como ruminantes de pequeno porte, os mesmos necessitam de menor área para serem criados quando comparados aos bovinos por exemplo, sendo uma alternativa de atividade principalmente para agricultores familiares.

A produção de metano faz parte do processo digestivo natural dos ruminantes, ocasionando perdas de energia e contribuindo negativamente para o aquecimento global (ARMANDO et al., 2013). Os ovinos causam menores emissões de gases de efeito estufa (GEE), pois por serem animais menores, possuem ciclos de produção mais curtos, e se tornam prontos para abate em poucos meses comparado com bovinos, mas ainda assim contribuem com uma boa parcela do metano emitido. A produção de alimento de origem animal contribui com cerca do 14,5% do total das emissões humanas (GERBER et al., 2013).

Com isso, há a busca por alternativas que resultem em melhores índices produtivos, sendo um recurso comumente utilizado a inclusão de ionóforos na alimentação desses animais, os quais são amplamente estudados e capazes de modular as atividades fermentativas do rúmen. A monensina é um dos ionóforos mais utilizados na alimentação de ruminantes, sendo uma molécula poliéster que age na redução das perdas energéticas, modulando a microbiota ruminal e inibindo os precursores da metanogênese, diminuindo assim a produção de  $\text{CH}_4$ , possibilitando maior aporte de energia para a produção (APPUHAMY et al., 2013). A diminuição da produção de metano é um fator essencial, pois a energia perdida com a produção de metano pelo animal pode chegar a 12% (MORAIS et al., 2006).

O ionóforo não é totalmente metabolizado pelo organismo dos animais, sendo uma considerável parcela liberada nas fezes, e tornando-se uma preocupação quanto a contaminação dos receptores de água e solo. Dessa forma, a manutenção dos animais em pastejo, ou mesmo a aplicação de esterco animal no solo (BLACKWELL et al., 2007), podem impactar diretamente o meio ambiente, promovendo acúmulo do ionóforo, principalmente devido a eliminação contínua de fezes pelos animais. Sendo o ionóforo um antibiótico, sabe-se que até 95% dos ingredientes ativos administrados aos animais podem ser eliminados sem sofrer qualquer

metabolização no trato digestivo animal (SARMAH et al., 2006), devido a isso é essencial que se tenha um meio de tratamento correto para os dejetos que são produzidos.

A biodigestão anaeróbia é um método muito utilizado de reciclagem de resíduos, reduzindo a carga poluente do material com a ação dos microrganismos em processo fermentativo na ausência de oxigênio, tendo como produto final o biofertilizante que servirá como fonte de nutrientes para diversas culturas e o biogás, o qual pode ser utilizado como fonte de energia e biocombustível (ORRICO JUNIOR, 2007). No entanto a monensina contida no afluente pode causar distúrbios na biodigestão, tendo um decréscimo na produção de metano (SPIRITO et al., 2018), e conseqüentemente na produção de biogás. Outro fator que pode influenciar neste processo é a composição do substrato que será usado, sendo que, compostos com maior quantidade de constituintes fibrosos, podem reduzir a eficiência da biodigestão anaeróbia.

Por isso a separação de frações sólido-líquido, é uma alternativa que já vem sendo usada na intenção de maximizar o processo de digestão e produção de biogás. Segundo Hurst et al. (2018), essa separação pode reduzir a concentração de antibióticos em ambas frações. Dessa forma o trabalho teve como objetivo avaliar a influência de doses crescentes de monensina na alimentação de ovinos, sobre a biodigestão anaeróbia dos dejetos, por meio das produções de biogás e metano, reduções de sólidos totais e voláteis (ST e SV) e da fibra em detergente neutro (FDN) e demanda química de oxigênio (DQO).

## REVISÃO DE LITERATURA

O agronegócio brasileiro é um dos setores que mais impulsiona a economia do país, compondo cerca de 23,8% do produto interno bruto (PIB) em 2023 (CEPEA, 2024). As primeiras aparições de ovinos no Brasil foram em 1556, sendo trazidos pelos portugueses e inicialmente eram criados apenas com o propósito de subsistência, e com o passar os anos e a expressão comercial, se tornou uma espécie destinada a produção e comercialização desses animais (DA COSTA et al., 2019).

Em 2018 o rebanho mundial de ovinos foi de 1,2 bilhões de cabeças aproximadamente, sendo 44,85% deste rebanho localizado no continente Asiático. O Brasil, mesmo com proporções continentais, está em 18º lugar no ranking mundial dessa atividade (FAO, 2018). O consumo de carne ovina no Brasil possui uma média de 0,5 kg/per capita/ano, o que é considerado baixo quando comparado com a carne bovina 39 kg/per capita/ano, suína 18 kg per capita/ano e de frango 46 kg/ per capita/ ano. Entre outros fatores, isso ocorre por ser considerada uma proteína mais cara, por isso, menos competitiva internamente, se comparada a outras carnes (CEPEA, 2023). Apesar do consumo interno baixo, o país importa cerca de 5,5 mil toneladas de carne ovina/ano para atender a demanda nacional (AGROSTAT, 2020).

Com o crescimento do consumo de carnes premium, se vê uma oportunidade para atingir um novo nicho de mercado e consumidores, agregando valor a ovinocultura. Além disso, a importância dessa cultura no passado se dava especialmente por causa da lã, mas, atualmente, a carne tem sido considerada como produto de maior significância para o Sistema Agroindustrial (SAG) da ovinocultura brasileira (MINUZZI ET AL., 2016). A ovinocultura destaca-se por ser uma criação bastante atrativa, principalmente para áreas de terra de menor porte, pois apresenta alta capacidade de produção (QUADROS, 2018). Os ovinos criados para o abate possuem ciclos de produção mais curto quando comparado aos bovinos, sendo desmamados em até 90 dias ou podendo alcançar o peso para o abate até 180 dias, (MARTINS, 2010), o que resulta em menores quantidades emitidas de GEE, por um tempo mais reduzido também

O metano é um dos importantes gases de efeito estufa, tendo potencial de aquecimento global 27 vezes maior do que o CO<sub>2</sub> (IPCC, 2022) e vida útil na atmosfera de aproximadamente 12 anos (IPCC, 2014). Na agropecuária, o CH<sub>4</sub> emitido é oriundo principalmente da fermentação entérica, manejo de dejetos animal e/ou deposição de excretas nas pastagens (CAI et al., 2017). Bovinos produzem de 150 a 420 litros de CH<sub>4</sub> por dia e ovinos de 25 a 55 L/dia (CZERKAWSKI, 1969; HOLTER e YOUNG, 1992; McALLISTER et al., 1996). No Brasil,

as emissões de metano (CH<sub>4</sub>) entérico correspondem a 63,3% (54,1% gado de corte, 7,4% gado de leite e 1,9% de outras espécies) e a decomposição dos dejetos com 5,5% das emissões antrópicas (BRASIL, 2009). O CH<sub>4</sub> produzido pelos ruminantes, através da metanogênese, não está relacionado apenas a problemas ambientais, mas também com perdas de energia e reduções na retenção e utilização da energia ingerida (MOUMEN et al., 2016). Apesar dos ruminantes serem responsáveis por parte das emissões de metano para a atmosfera, essas emissões podem ser manipuladas com o objetivo de diminuí-las, sendo através de fatores relacionados principalmente à alimentação.

A inclusão de aditivos alimentares na dieta de ruminantes está cada vez mais comum, com o intuito de melhorar o padrão fermentativo ruminal, selecionando bactérias e com isso tendo utilização mais eficiente da dieta ofertada. Segundo Prado (2009), aditivos alimentares são substâncias químicas ou biológicas, capazes de causar interferências benéficas nos padrões de fermentação do rúmen-retículo em ruminantes, melhorando a eficiência de utilização das dietas, manutenção da saúde intestinal, contribuindo na absorção dos nutrientes ingeridos e/ou produzidos do rúmen, a fim de melhorar os índices de desempenho de sistemas produtivos. E podem ser utilizados tanto em suplementos para animais em pastejo, como para animais que se encontram em confinamento, consumindo dietas com altas quantidades de concentrado, que se caracterizam por alta produção de ácidos graxos voláteis no rúmen, provocando baixos valores de pH, tornando a utilização de aditivos uma alternativa para que limite a queda do pH ruminal e garanta a eficiência de utilização dos nutrientes (REIS et al., 2011).

Esses antibióticos ionóforos também são recomendados como forma de prevenção e tratamento da coccidiose dos ruminantes, enfermidade mais comum em ovinos jovens, que se caracteriza por alterações gastrintestinais. Sendo que sua forma mais severa se manifesta por diarreia sanguinolenta intensa, enfraquecimento rápido e morte. Causada por protozoários coccídios do gênero *Eimeria*, esta protozoose tem distribuição mundial e acomete pequenos ruminantes submetidos aos diferentes sistemas de manejo (LIMA, 2004).

A monensina sódica na alimentação de ruminantes vem sendo pesquisada e utilizada no Brasil pela sua atuação a nível de rúmen, sobre a população microbiana e no controle de distúrbios relacionados ao excesso de dietas com concentrados (RIGOBELLO et al., 2014). A mesma é produzida a partir do bactérias *Streptomyces cinnamonensis* que tem capacidade de alteração do fluxo de íons, atuando assim como um modulador ruminal, selecionando bactérias gram-negativas e afetando negativamente as gram-positivas, pois possuem a parede celular constituída por uma única camada de peptidoglicano, sem seletividade e tornando – se mais susceptível a ação da monensina (COSTA et al., 2018). Já as bactérias gram-negativas

apresentam em sua parede celular uma camada externa de lipopolissacarídeo, sendo que os canais de proteínas existentes (porinas) possuem tamanho máximo de 600 Dalton. Os ionóforos por sua vez, possuem tamanho superior a 600 Dalton, não atuando sobre esse conjunto de bactérias, conferindo assim resistência às gram negativas e sendo menos afetadas pelos ionóforos (PAULA, 2021).

O efeito anti-metanogênico dos ionóforos estão mais relacionados com a inibição da formação dos precursores ( $H_2$ ) do metano do que um efeito direto sobre a população de metanogênicas, uma vez que essas são mais resistentes aos ionóforos do que as bactérias que produzem e fornecem  $H_2$ . A redução dos precursores de metano seria responsável por apenas 45% do efeito dos ionóforos sobre a produção de metano, sendo o restante consequência da menor ingestão de alimentos (NAGARAJA et al., 1997). A diminuição da produção de metano observada na presença de ionóforos também pode estar associada à inibição no crescimento de protozoários ciliados, que conhecidamente produzem  $H_2$  e são colonizados por metanogênicas (McALLISTER et al., 1996).

Em uma metanálise realizada por Appuhamy et al. (2013), foram compilados os resultados de 22 estudos sobre o uso da monensina na alimentação de bovinos de corte e leiteiros. Os resultados da pesquisa de Van Vught et al. (2005) demonstraram que vacas de produtoras de leite e alimentadas com doses entre 18 – 35 mg de monensina por kg de MS ingerida tiveram uma diminuição na produção de metano. Enquanto que nas pesquisas de Grainger et al. (2008) e Hamilton et al. (2010), vacas alimentadas com doses de 13 e 21 mg de monensina por kg de MSI, respectivamente, tiveram um leve aumento na produção de metano entérico. Dessa forma, é possível verificar que o uso de monensina, assim como as doses a serem empregadas, ainda apresentam divergências quanto a recomendação, sendo também uma preocupação adicional os excedentes de monensina excretados pelas fezes.

A ação da monensina poderá ter respostas diferentes de acordo com as doses fornecidas, categorias e aptidões dos animais alimentados, dentre outras. Estes fatores se relacionam diretamente a composição dos dejetos, que influenciará a degradação dos substratos durante a biodigestão anaeróbia. Muitos autores consideram os antibióticos substâncias bioativas, eficazes em doses baixas e que são excretadas após um curto período de residência, podendo ser integralmente eliminados sem sofrer qualquer metabolização no trato digestivo animal (SARMAH; MEYER; BOXALL, 2006; KEMPER, 2008).

A monensina não é totalmente metabolizada pelo animal, sendo parte dela rapidamente excretada após sua ingestão, com mínimo acúmulo nos tecidos animais (REIS et al., 2006). Um ovino adulto produz cerca de 0,8 a 1,5 kg de dejetos por dia (EMBRAPA, 2017), com isso é

necessário que busque alternativas de descarte/utilização desse resíduo, visando a não contaminação do meio ambiente e formação de co-produtos que tragam maior rentabilidade ao produtor. Um método muito utilizado para a destinação desses dejetos é a biodigestão anaeróbia, processo que ocorre em câmaras fermentativas chamadas de biodigestores, que irão transformar o material orgânico complexo, por meio da ação dos microorganismos, em dois produtos: o biogás composto basicamente por metano, gás carbônico e pequenas quantidades de outros gases, e o biofertilizante, um líquido rico em nutrientes que pode ser utilizado como adubo (BOFINGER, 2019).

O processo de biodigestão ocorre em quatro etapas: a primeira é chamada de hidrólise e é onde ocorrerá a transformação de moléculas complexas em moléculas menores e menos complexas, esta fase irá determinar a velocidade da digestão anaeróbia como um todo, podendo levar de horas, como para açúcares mais simples, até semanas, no caso de lipídios ou substâncias recalcitrantes, como a lignina; a segunda fase é a acidogênese, nela os produtos da hidrólise são absorvidos, metabolizados e liberados na forma de substâncias ainda mais simples, como ácidos graxos voláteis, álcoois e outros compostos minerais; a acetogênese é a terceira fase, nela os produtos da acidogênese são transformados principalmente em acetato,  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$  por meio de reações endotérmicas mediados por dois grupos de bactérias, as sintróficas acetogênicas e as homoacetogênicas; a quarta e última fase é a metanogênese, nela ocorre a formação do metano, que pode ser pela descarboxilação do acetato, realizada por arqueas metanogênicas acetotróficas ou pela redução do  $\text{CO}_2$  pelo  $\text{H}_2$  realizada por bactérias metanogênicas hidrogenotróficas (BOFINGER, 2019).

A eficiência da biodigestão anaeróbia pode ser influenciada por alguns fatores como: temperatura, tipo de substratos, presença de oxigênio e resquícios de antibióticos no meio, dentre outros. A taxa de excreção dos princípios ativos de antibióticos, administrado aos animais, está na ampla faixa de 30 a 90% (YANG et al., 2019), e quando presentes nos dejetos, os resíduos de antibióticos e seus metabólitos, podem influenciar na digestão anaeróbica dos dejetos desses animais (YANG et al., 2019; XIAO et al., 2021). Os resultados mais comuns incluem a redução de alguns grupos metanogênicos, a redução da produção de biogás (INCE et al., 2013, XIN et al., 2014) e remanescente concentração de antibiótico no biofertilizante (ARIKAN et al., 2018; VAREL et al., 2012).

Hashimoto et al (1981) avaliando a biodigestão anaeróbia (35 e 55°C) dos dejetos de bovinos alimentados com 22g de monensina por kg MSI, em biodigestores batelada, encontrou uma inibição completa da produção de metano quando adicionada a monensina (MON). Mas, segundo Varel e Hashimoto (1982), a inibição do MON pode ser superada após uma adaptação

de 6 meses. Arikan et al (2018) estudaram o efeito da monensina (1 e 10 mg L<sup>-1</sup>, adicionadas ao dejetos) durante o processo de biodigestão anaeróbia dos dejetos de bovinos leiteiros em reatores “plugflow” (condições mesofílicas). Os autores relataram que a adição de 1 mg L<sup>-1</sup> de monensina não provocou redução na produção de metano, e não alterou a estabilidade do processo, porém a concentração de 10 mg L<sup>-1</sup> de MON ocasionou redução na produção de metano e instabilidade do processo da biodigestão anaeróbia.

A separação de frações pode ser uma alternativa para controlar a inclusão de monensina nos substratos, além de tornar o processo de biodigestão anaeróbia mais eficiente, obtendo maior produção de biogás/ kg de sólido, necessitando de menor tempo para a completa digestão do substrato, se tornando mais econômico, pois necessita de reatores com menor tamanho para um mesmo número de animais. A separação de frações sólido-líquida, pode ser feita através de diversos equipamentos, como: peneiras de separação, tambores rotativos, centrifugação e decantação (ORRICO JUNIOR, 2007). Obtendo na fração sólida maior quantidade de frações insolúveis, sendo menos degradáveis como celulose, hemicelulose e lignina, já a fração líquida concentra maior quantidade de nutrientes solúveis e de maior facilidade de degradação.

Em estudo realizado por Orrico Junior (2007) foi avaliada a biodigestão anaeróbia dos dejetos de suínos com e sem separação de frações, em diferentes tempos de retenção hidráulica e os melhores resultados de potenciais de produções de biogás e teores de metano nos substratos ocorreram na condição com a separação de frações. Os autores consideraram que o fato de a fração sólida possuir menor potencial para a geração de biogás não implica que deva ser descartada do processo, sendo a decisão depende da eficiência e a rapidez que se necessita para tratar os dejetos. E caso a decisão seja favorável à separação de sólidos é necessário ter em mente que essa fração ainda tem poder poluente elevado e necessita de tratamento adequado antes de ser aplicado no ambiente (FERREIRA, 2013).

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Setor de Ovinocultura e Laboratório de Manejo de Resíduos Agropecuários, ambos pertencentes a Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados – MS, Brasil (latitude 22°11'38''S, longitude 54°55'49''W e 462 m acima do nível do mar).

Para a produção de dejetos e avaliação da influência da monensina nas dietas, foram utilizadas 06 ovelhas da raça Pantaneira, adultas, com peso médio de 44 kg. As ovelhas foram alojadas em baias individuais, providas de comedouros e bebedouros, sendo possível a oferta controlada de alimento.

O período completo para desenvolvimento de todos o experimento foi compreendido de agosto de 2023 a fevereiro de 2024. As dietas foram formuladas para atender às exigências dos animais segundo (NRC, 2007) e as doses de monensina crescentes (0, 8, 14 e 20 mg/Kg de matéria seca ingerida (MSI)). A oferta das doses ocorreu a partir do controle até a dose de 20 mg/kg de MSI, sendo que para cada dose as ovelhas permaneceram por um período de 7 dias em adaptação e igual período em coleta de dejetos, totalizando assim um período experimental de 56 dias. A dose de monensina foi ofertada diariamente antes da primeira refeição do dia, sendo a monensina misturada com uma pequena porção do alimento concentrado (média de 40g) e colocada no cocho do animal, garantindo assim a ingestão completa de cada dose.

A oferta total da dieta foi baseada em um consumo de 2,5 a 3,0% do peso vivo (PV), de forma que houvesse no mínimo 10% de sobras. A dieta foi composta por feno de Tifton e concentrado a base de milho e farelo de soja. A quantidade diária foi fracionada em dois períodos, sendo o primeiro às 07:00h e o segundo às 15:00h.

A coleta dos dejetos foi realizada diariamente por meio da raspagem das baias, e sem a adição de água, considerando-se a massa produzida dentro de 24 horas. Após a coleta, os resíduos de cada ovelha foram identificados e pesados, obtendo assim a massa de dejetos produzidos, e então foram armazenados em freezer horizontal no laboratório de Manejo de Forragens e Resíduos Agropecuários. Os teores de sólidos totais (ST) dos dejetos foram determinados no momento de descongelamento, para abastecimentos dos biodigestores.

Como delineamento experimental para avaliar a influência da monensina e da separação de frações sobre a biodigestão anaeróbia dos dejetos de ovelhas adotou-se o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2 (doses de monensina x condição de peneiramento), com parcela subdividida no tempo, que foi representada pelas semanas de acompanhamento dos biodigestores.

Para preparo dos substratos, utilizou-se um liquidificador para homogeneização dos afluentes, compostos de água de dejetos das ovelhas, sendo que para o tratamento com separação da fração sólida, utilizou-se peneira com malha de 1 mm (retendo em média 50% dos ST original) e o peneiramento foi realizado após a obtenção do substrato inicial, sendo utilizado para abastecimento do biodigestor apenas a fração líquida. Os substratos foram formulados para conter 3% de ST inicial, no entanto para a condição com peneiramento, este valor foi inferior. Como tempo de retenção hidráulico (TRH) foram adotados dois períodos, 20 e 30 dias, para ambas as condições de peneiramento e todas as inclusões de monensina. A descrição dos substratos utilizados no período experimental está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização dos substratos preparados a partir dos dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina, submetidos ou não ao peneiramento e digeridos por 20 ou 30 dias de tempo de retenção hidráulica (TRH).

TRH de 20 dias					
Substrato	Volume de carga (ml/dia)	ST (%)	Massa de ST (g)	FDN (%)	N (%)
Controle – NP	386,05	3,02	11,64	54,73	2,35
Controle – P	384,90	1,27	4,90	30,12	2,32
Dose 8 mg - NP	385,55	3,03	11,68	55,28	1,82
Dose 8 mg - P	390,80	1,61	6,31	39,22	2,62
Dose 14 mg – NP	395,30	3,01	11,91	55,85	1,83
Dose 14 mg - P	409,65	1,55	6,36	44,02	2,31
Dose 20 mg - NP	403,90	3,02	12,22	56,26	1,89
Dose 20 mg - P	400,50	1,60	6,39	46,58	2,63
TRH de 30 dias					
Controle - NP	272,30	3,02	8,38	54,73	2,35
Controle – P	270,13	1,27	3,43	30,12	2,32
Dose 8 mg - NP	261,60	3,03	7,92	55,28	1,82
Dose 8 mg - P	270,63	1,61	4,38	39,22	2,62
Dose 14 mg – NP	251,53	3,01	7,58	55,85	1,83
Dose 14 mg - P	266,53	1,55	4,14	44,02	2,31
Dose 20 mg - NP	263,60	3,02	7,87	56,26	1,89
Dose 20 mg - P	251,53	1,60	4,01	46,58	2,63

NP – Não peneirado; P – peneirado.

Os biodigestores utilizados são semi-contínuos e foram mantidos na Área Experimental do Laboratório de Manejo dos Resíduos Agropecuários, abrigados do sol e das chuvas. A capacidade total dos biodigestores é de 8 litros e possuem um compartimento de entrada, para a adição de carga diária e um de saída, para descarga do biofertilizante (Figura 1). Os gasômetros, constituídos de canos de PVC, permaneceram emborcados em um sistema de selo d'água para armazenamento do biogás produzido. Ao todo foram utilizados 16 biodigestores anaeróbios, sendo 4 para cada inclusão de monensina, divididos em dois tempos de retenção hidráulica (TRH 20 e 30) e alimentados com os substratos peneirados (P) e não peneirados (NP) (Figura 2). Os biodigestores foram mantidos em acompanhamento por 06 semanas após a estabilização das produções de biogás e metano, sendo considerados para análise dos resultados experimentais as 04 últimas semanas.



Figura 1. Biodigestores Anaeróbios utilizados no experimento

Figura 2. Peneiramento do Substrato

A produção de biogás foi mensurada através do deslocamento vertical dos gasômetros e o volume produzido calculado a partir da área do mesmo, corrigidos para condições normais de temperatura e pressão (Kunz et al., 2019). Duas vezes por semana foi realizada análise do biogás por meio do analisador de biogás infravermelho Gasboard - 3200L (Cubic 631 Sensor and Instrument Co., Ltd), para determinar as concentrações de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$  (Figura 3). Para a determinação do volume de metano, foi considerada a produção volumétrica de biogás a concentração de metano encontrada na análise de biogás.



Figura 3. Análise de biogás.

Duas vezes por semana também foram realizadas amostragens dos afluentes NP e P, e dos efluentes de todos os biodigestores (Figura 4), com aferição do pH dessas amostras e preparo das amostras para secagem em estufa de circulação de ar à 60° C por no mínimo 72 horas, para determinação dos ST (APHA 2017). Após secas, as amostras foram levadas para o laboratório, moídas em moinho de bolas, para realizar análises de SV, FDN e N.

Para determinação da demanda química de oxigênio (DQO), foram realizadas coletas semanais dos materiais de entrada e saída (Figura 5).



Figura 4. Amostragem dos Afluentes e efluentes



Figura 5. Determinação Química de Oxigênio

As análises de ST e SV foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por APHA (2017), a análise de N (Kjeldahl) foi realizada de acordo com Detmann et al. (2012) e a análise de FDN seguiu a metodologia descrita por Van Soest et al. (1991). Para realização de DQO utilizou aparelho de espectrofotômetro modelo DR/2000 (HACH) e bloco digestor para

DQO. A metodologia descrita nos manuais do aparelho faz uso de digestão ácida com dicromato de potássio e catalisadores, utilizando-se a reta padrão existente na memória do aparelho. Esta metodologia se equivale à descrita no APHA (2005).

Os cálculos para obtenção das reduções de ST e SV foram feitos considerando os teores dos afluentes e dos efluentes do processo e os volumes de carga e descarga realizados. Os potenciais de produção de biogás e metano foram estimados considerando a relação entre as produções volumétricas e as quantidades de ST e SV adicionadas aos biodigestores.

Para a análise estatísticas dos dados os resultados foram submetidos à análise de variância considerando-se como fonte de variação as diferentes inclusões de monensina e as condições de peneiramento. As médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). Em caso de interações significativas, efetuou-se o desdobramento por meio de regressão polinomial para o fator dose, dentro de cada condição de peneiramento. Os resultados foram avaliados de forma independente para cada TRH testado. Todas as análises foram realizadas no software R 4.3.2 (2023).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Reduções de sólidos totais e voláteis e teores dos constituintes fibrosos

As reduções de sólidos foram afetadas pela separação sólido – líquido no substrato (Tabela 2). Para o TRH de 20 dias, a condição com peneiramento resultou em maiores degradações dos sólidos totais e voláteis do que a condição sem peneiramento. Dentro deste TRH e na condição com peneiramento, as reduções de ST e SV para os substratos originados do grupo controle partiram de 50,7 e 55,5%, respectivamente e decresceram até 27,3 e 35,3% para os substratos provenientes da inclusão de 20mg de monensina.kg<sup>-1</sup> MSI, o que representou decréscimos de 46,1 e 36,4% nas reduções de ST e SV, respectivamente. Já na condição não peneirada, dentro do TRH de 20 dias, o decréscimo observado entre os tratamentos controle e com a inclusão de 20mg de monensina.kg<sup>-1</sup> MSI representou 22,8 e 20,5% para os ST e SV contidos nos substratos, respectivamente.

Tabela 2. Reduções de sólidos totais e voláteis (ST e SV) em substratos preparados a partir dos dejetos de bovinos alimentados com doses crescentes de monensina, submetidos ou não ao peneiramento e digeridos por 20 ou 30 dias de tempo de retenção hidráulica (TRH).

Inclusão de monensina (mg/kg MSI)	Reduções de ST (%)		Reduções de SV (%)		
	Não peneirado	Peneirado	Não Peneirado	Peneirado	
	20 dias de TRH		20 dias de TRH		
Controle	39,82 b	50,65 a	43,66 b	55,47 a	
8	34,64 b	42,78 a	38,42 b	51,82 a	
14	32,14 b	44,05 a	36,61 b	48,90 a	
20	30,72 a	27,28 b	34,71 b	35,31 a	
		30 dias de TRH		30 dias de TRH	
Controle	48,05 b	49,77 a	53,0 b	59,0 a	
8	40,04 b	47,15 a	46,7 b	53,6 a	
14	36,87 b	44,54 a	44,1 b	51,0 a	
20	35,06 b	39,90 a	43,4 b	49,6 a	

Médias seguidas de letras distintas, na linha e dentro de cada TRH, diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05)

Para o TRH de 30 dias, as reduções de ST e SV observadas nos substratos sofreram menos com a influência da monensina nas dietas das ovelhas. Comparando-se o grupo controle nas condições não peneirada e peneirada, com os substratos contendo os dejetos da dieta com a inclusão de 20mg de monensina.kg<sup>-1</sup> MSI, os decréscimos foram de 27,0 e 19,8% para as reduções de ST e de 18,1 e 15,9% para as reduções de SV, respectivamente.

O impacto negativo da monensina residual da alimentação e presente nos substratos era um efeito esperado e que já tinha sido mencionado por outros trabalhos na literatura, segundo Rani et al. (2022), a presença de antibióticos afeta a degradação de sólidos nos materiais em digestão, pois as primeiras quebras dos mesmos que servem como fonte de energia para os microrganismos são realizadas por bactérias hidrolíticas, as quais são prejudicadas pela presença destes produtos. No entanto, o efeito do peneiramento é algo ainda não elucidado com clareza. Alguns estudos mencionam que a separação de frações pode reduzir a concentração de antibióticos em ambas as frações (sólida e líquida), como observado por Hurst et al. (2018), ao reportarem que as maiores concentrações de monensina permaneceram na fração sólida. No entanto, em outro estudo conduzido por Marti et al. (2019), a eficiência de concentrar a monensina em uma das frações foi associada como dependente do princípio do antibiótico, sendo que os autores mencionaram que 64% de fármacos veterinários permanecem mais concentrados na fração líquida, após a separação.

As reduções de ST e SV estão diretamente relacionadas com a utilização dos substratos orgânicos pelos microrganismos que decompõem a matéria orgânica (Orrico et al. 2016), devido a isso são utilizados como parâmetro de avaliação do desempenho do processo de biodigestão anaeróbia. Neste sentido, observa-se que apesar da avaliação dos TRH ter sido conduzida de forma independente, os substratos foram mais degradados (maiores reduções de ST e SV) no TRH de 30 dias, e inclusive, neste TRH sofreram menor decréscimo nas reduções de sólidos de acordo com a inclusão de monensina na dieta dos animais.

Para os constituintes fibrosos (Tabela 1) observou-se aumento da concentração de FDN de acordo com a inclusão de monensina, resultando em 54,73 e 56,26% na condição NP para as doses 0mg e 20mg de monensina, respectivamente; e 30,12 e 46,58% para condição P nas mesmas doses citadas anteriormente. O aumento da concentração de FDN de acordo com as inclusões de monensina, pode estar associado a maior de degradação de outros constituintes presentes na dieta desses animais, resultando assim em maior concentração de fibras.

### Produções de biogás e teores de metano

As produções de biogás foram influenciadas pela presença da monensina nos substratos, sendo que no TRH 20 a maior produção foi encontrada na condição peneirada e no tratamento controle com 3,4L.semana<sup>-1</sup>, enquanto a inclusão máxima de monensina na dieta das ovelhas apresentou produção de 1,7L.semana<sup>-1</sup> na mesma condição. E para condição NP encontrou – se valores de 4,8 e 3,6L.semana<sup>-1</sup>, para as doses 0 e 20mg respectivamente. O TRH 30 apresentou comportamento similar, mostrando a influência negativa da monensina, obtendo maiores valores no tratamento controle (4,8 e 3,2L.semana<sup>-1</sup>), e menores resultados no tratamento de 20mg de monensina (3,2 e 1,8L.semana<sup>-1</sup>), para ambas as condições (NP e P).

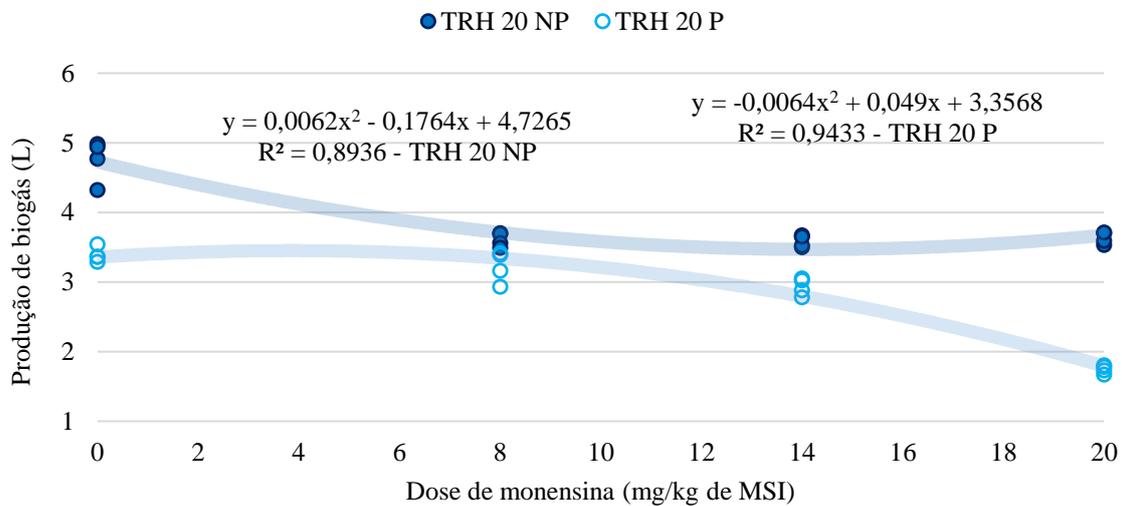


Figura 6. Produção de biogás (L) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P)

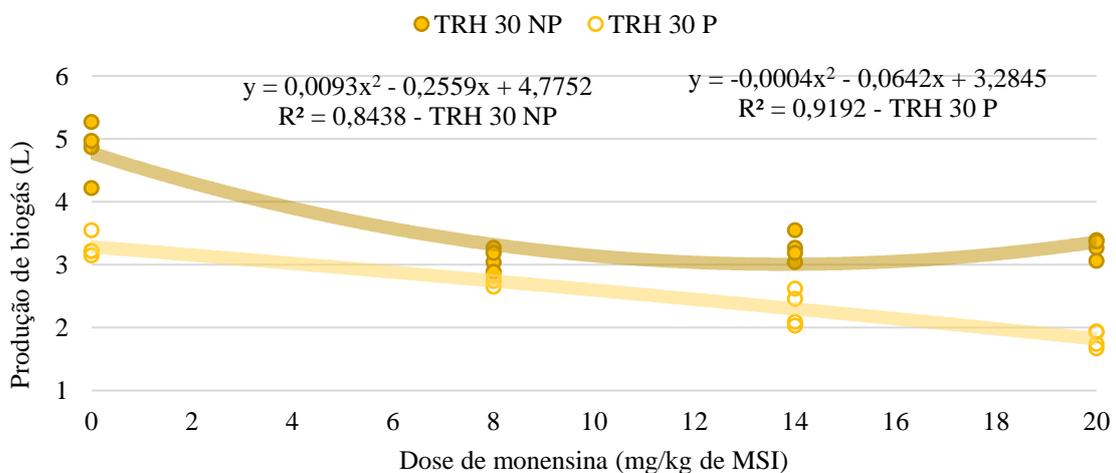


Figura 7. Produção de biogás (L) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P)

Em relação as concentrações de metano, observa-se influência negativa da monensina na dieta das ovelhas sobre o acúmulo na composição do biogás. Para o TRH 20 foram verificadas que as maiores concentrações de metano ocorreram no tratamento controle e na condição peneirada (Figura 10), resultando em um teor médio de 71,9%, enquanto a menor concentração ocorreu para os substratos gerados com dejetos de ovelhas que receberam a inclusão de 20 mg de monensina.kg<sup>-1</sup> MSI, na condição NP (56,7% de metano).

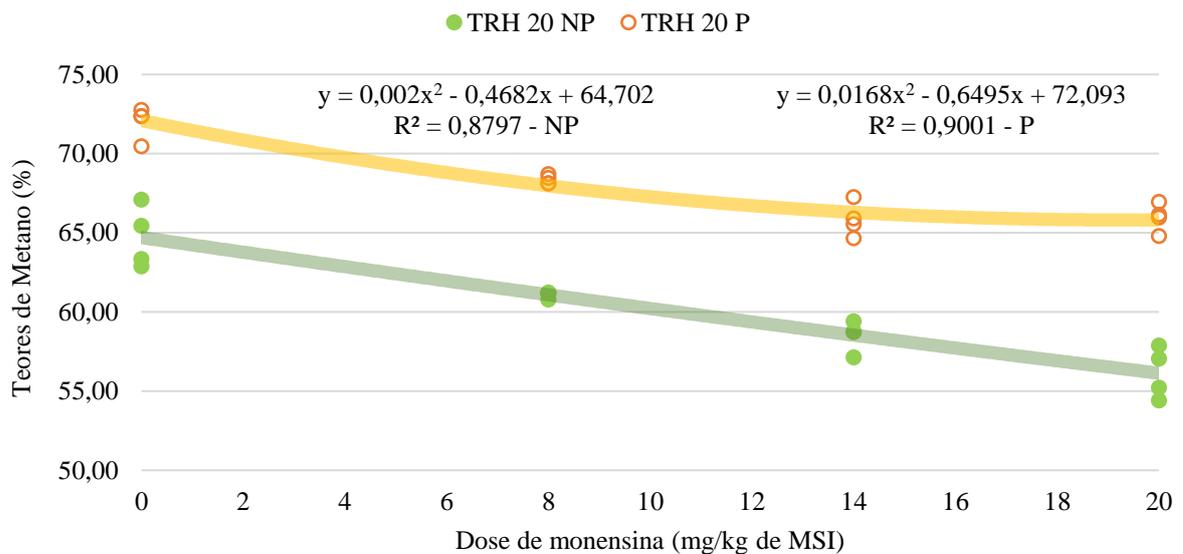


Figura 8. Teores de Metano (%) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P)

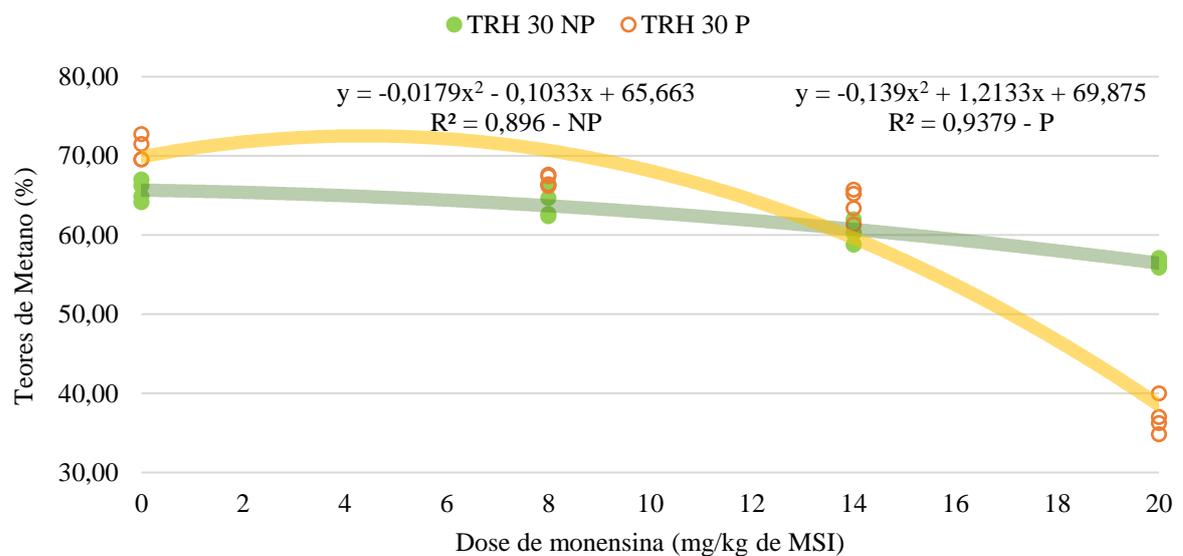


Figura 9. Teores de Metano (%) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e peneirados (P) ou não peneirados (NP)

Já no TRH 30 o comportamento para o acúmulo de metano na composição do biogás foi similar ao TRH20, onde os maiores valores ocorreram no grupo controle, com médias de 70,8 e 65,5%, para as condições P e NP, respectivamente. No entanto, para a condição P verificou-se queda drástica nos substratos preparados com os dejetos da inclusão de 20 mg de monensina.kg<sup>-1</sup> MSI, atingindo-se o teor de metano de 37,2%, enquanto que para a condição NP o valor médio foi de 56,7% de metano. Este comportamento reforça a possibilidade de maior solubilidade da monensina e maior concentração na fração solúvel.

Em ambos os TRH's as maiores concentrações de metano foram encontradas na condição peneirada, e isto pode ter ocorrido devido a essa fração ter maiores quantidades de compostos solúveis em relação a condição NP. Em trabalho realizado por Ferreira (2013) utilizando dejetos de bovinos leiteiros em biodigestão anaeróbia com o método de separação de frações foi encontrado comportamento similar. Junqueira (2011) também utilizou o método de separação de frações em substrato de bovinos de corte e os maiores teores de metano foram encontrados na condição peneirada.

### **Potenciais de produção de biogás e metano**

Os potenciais produção de biogás para os TRH 20 e 30 foram máximos no tratamento controle (173,03 e 239,0 l/kg de ST adicionado, Figura 12 e 13), enquanto os menores valores ocorreram na dose de 20 mg de monensina/Kg MSI (68,39 e 113,33 l/kg de ST adicionado) para condição P. Na condição NP o grupo controle resultou nos maiores potenciais (102,12 e 142,91 l/kg de ST adicionado), sendo os menores na dose de 20 mg de monensina (74,32 e 102,62 l/kg de ST adicionado, aos 20 e 30 dias de TRH, respectivamente).

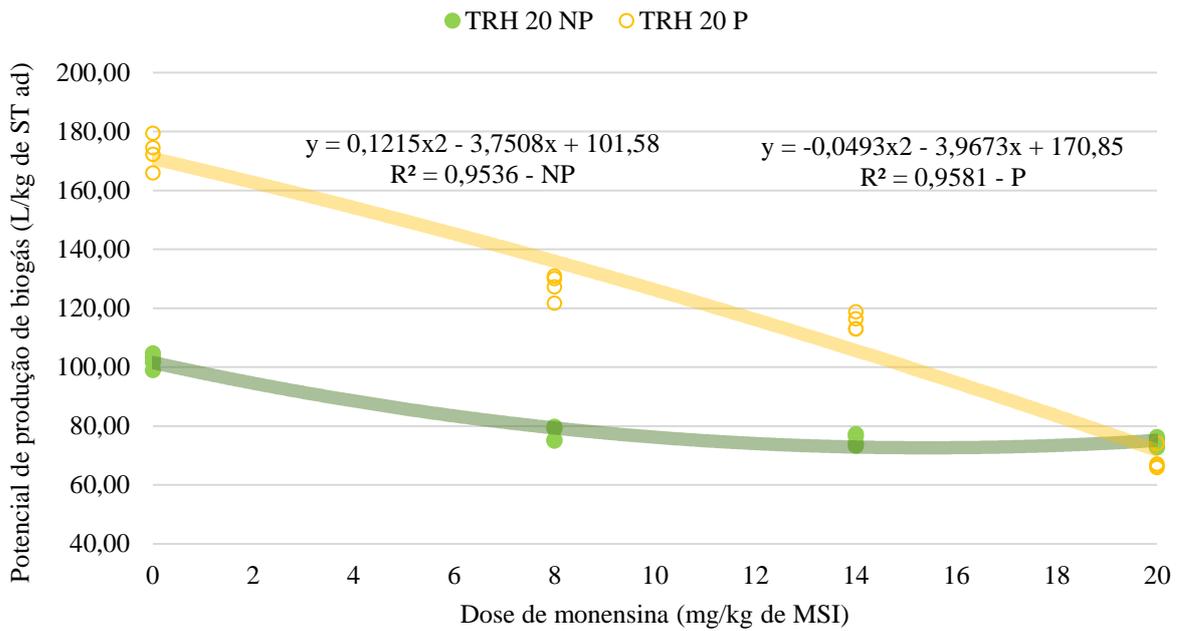


Figura 10. Potenciais de produção de biogás (l/kg de ST adicionado) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P)

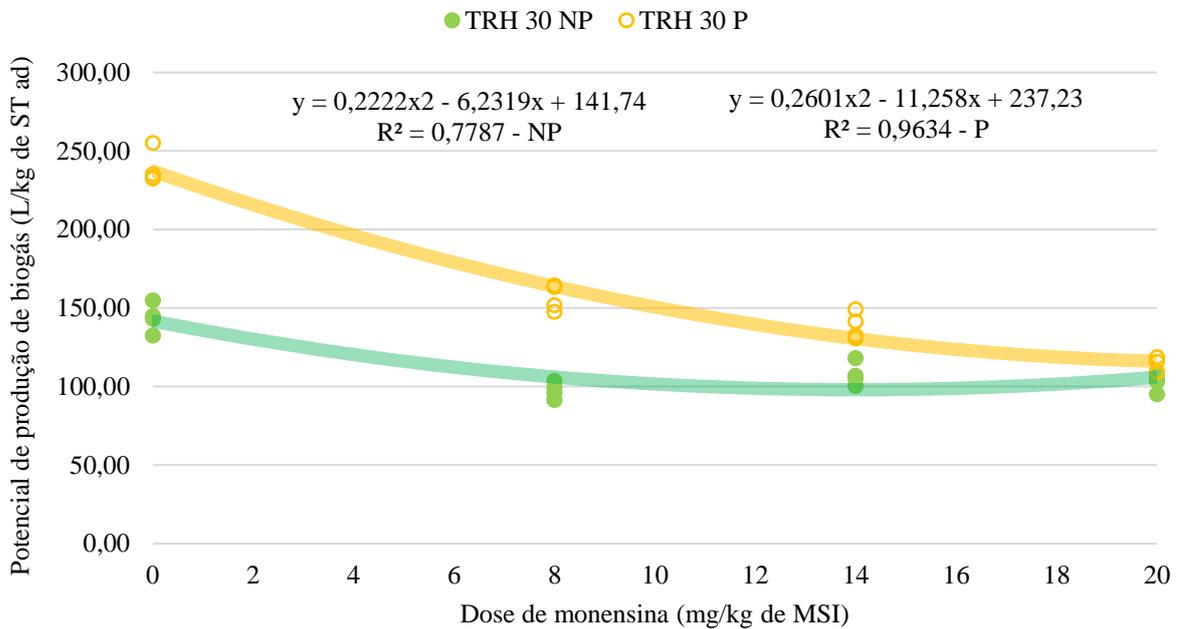


Figura 11. Potenciais de produção de biogás (L/kg de ST adicionado) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P)

Os resultados demonstram a influência prejudicial da monensina sobre os rendimentos de biogás, sendo o mesmo comportamento descrito por Peres Assumpção (2021), ao avaliarem a influência de diferentes aditivos alimentares sobre a biodigestão anaeróbia dos dejetos,

observando decréscimo na produção de biogás de 53,6% quando a monensina sódica foi utilizada.

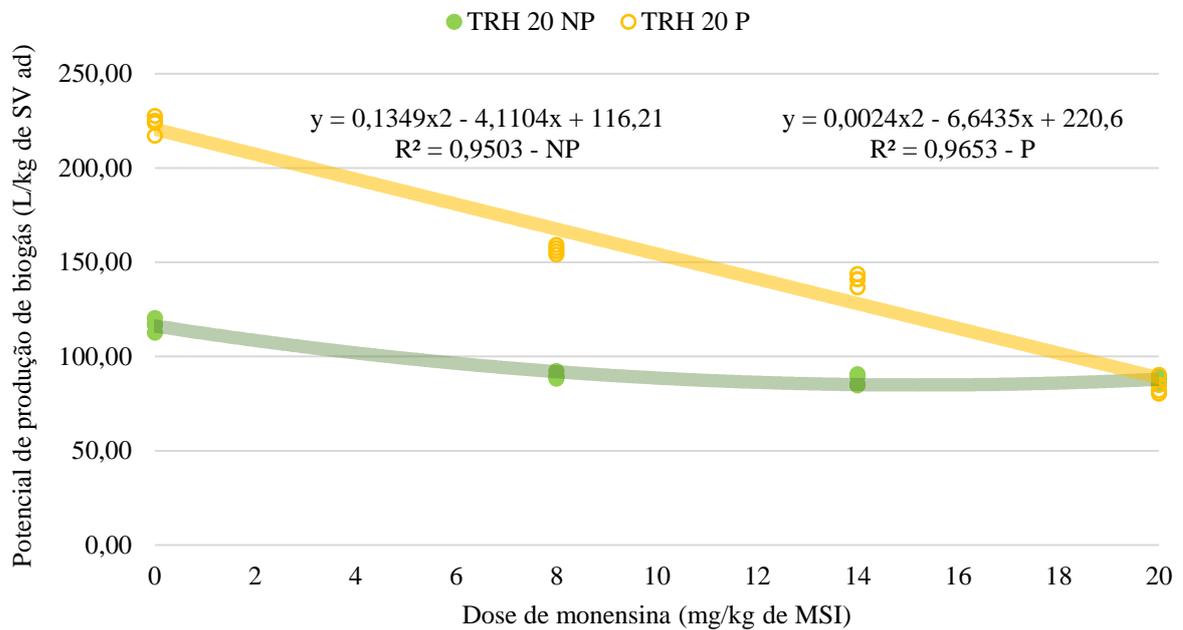


Figura 12. Potenciais de produção de biogás (L/kg de SV adicionado) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P)

Os potenciais de produção de biogás atingiram os maiores pontos no tratamento controle (223,4 e 308,8 L/kg de SV adicionado) e os menores valores também na inclusão de 20mg de monensina/kg (87,1 e 139,8 L/kg de SV adicionado) na condição P, para o TRH20 e 30, respectivamente. Já na condição NP, o grupo controle apresentou os maiores potenciais (116,8 e 164,5 L/kg de SV adicionado), enquanto a inclusão 20mg resultou nos substratos com menores potenciais (87,1 e 120,3 L/kg de SV adicionado) nos TRH20 e 30, respectivamente.

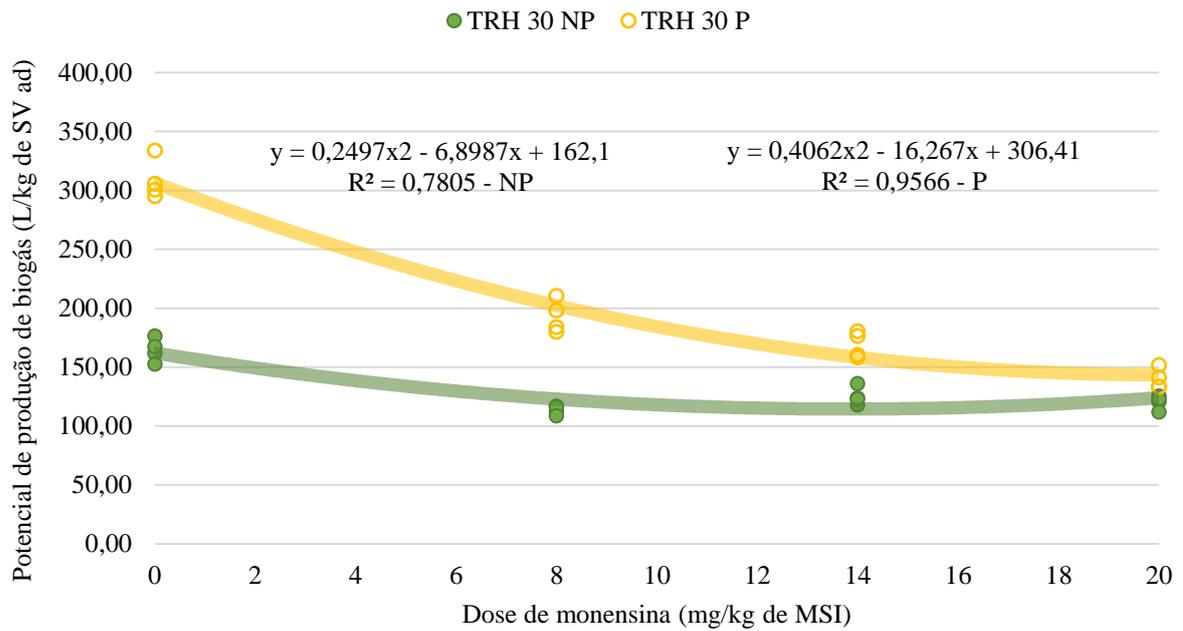


Figura 13. Potenciais de produção de biogás (L/kg de SV adicionado) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P)

No TRH 20 fica evidenciada a influência negativa da monensina sobre os potenciais de produção de metano, obtendo maiores resultados no grupo controle (124,57 e 66,09 l/kg de ST adicionados, Figura 14) para o material P e NP, ocorrendo decréscimo do potencial com o aumento da dose de monensina, atingindo valores iguais a 43,69 e 41,71 l de metano/kg de ST adicionado) para a dose de 20 mg de monensina.

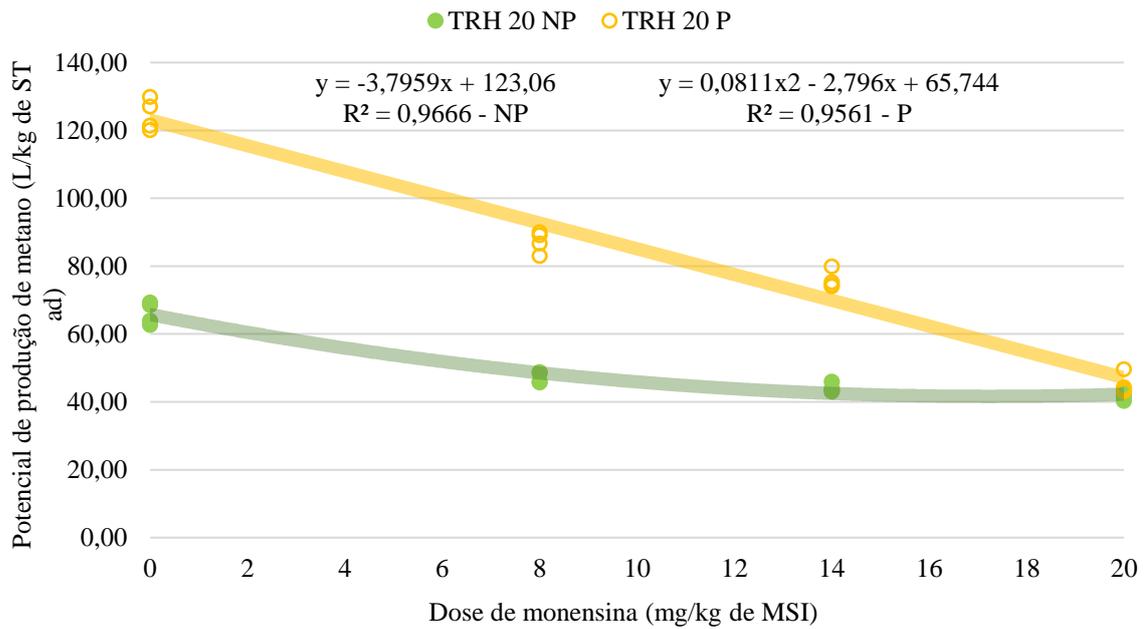


Figura 14. Potenciais de produção de metano (L/kg de ST adicionado) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P)

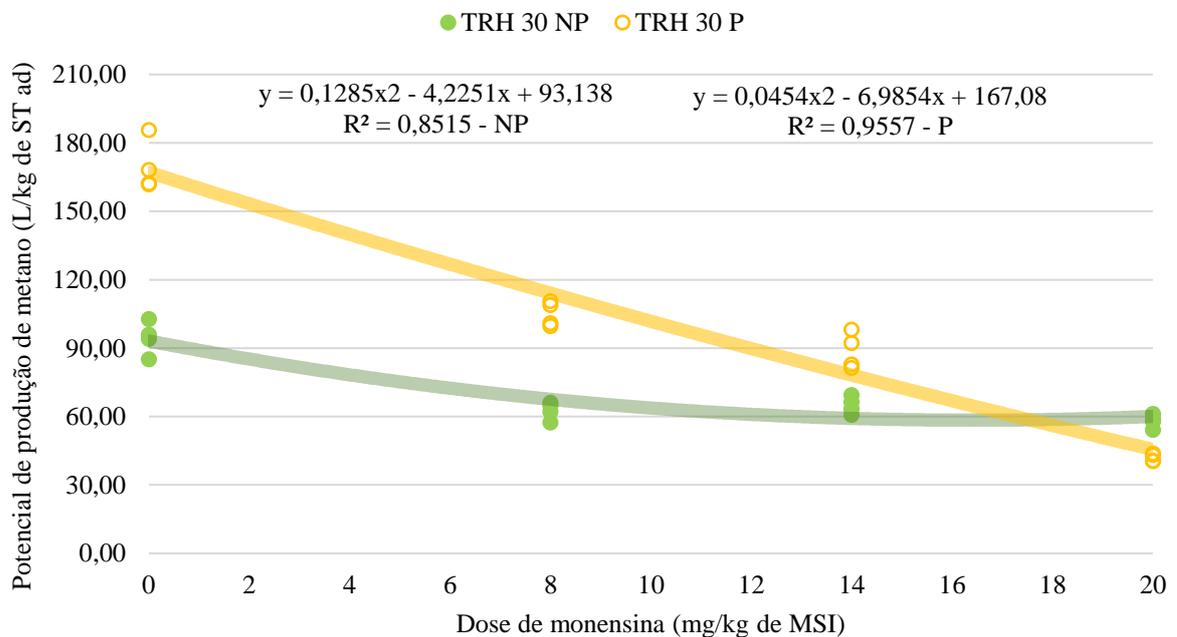


Figura 15. Potenciais de produção de metano (L/kg de ST adicionado) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P).

No TRH 20 ocorreu comportamento similar para os potenciais de produção de metano em relação a inclusão de SV, sendo reduzidos de acordo com o acréscimo de monensina na

dieta das ovelhas (valores iguais a 160,84 e 75,56 l de metano/Kg de SV adicionados para o grupo controle e 53,87 e 48,89 l/Kg de SV adicionados para substratos de ovelhas alimentadas com a dose de 20 mg de monensina, nas respectivas condições P e NP).

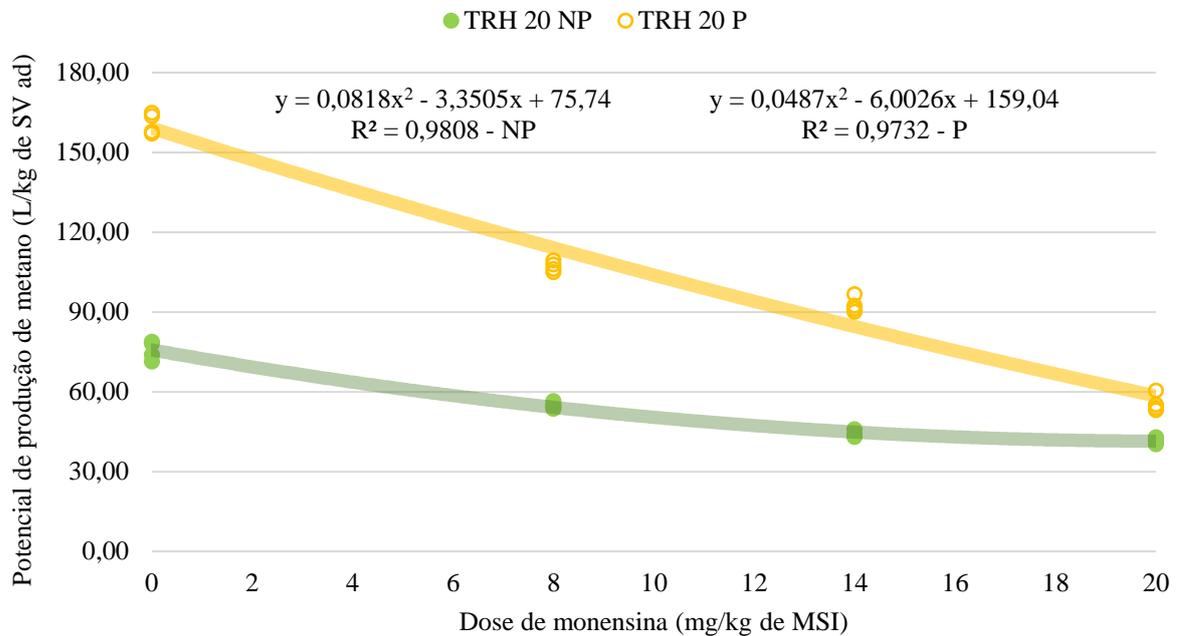


Figura 16. Potenciais de produção de metano (L/kg de SV adicionado) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P)

O TRH 30 também sofreu influência do acréscimo de monensina na dieta, tendo seus melhores potenciais (218,93 e 107,93 l/Kg de SV adicionados) para o grupo controle e os menores resultados na maior dose sendo; 51,69 e 68,02 l/Kg de SV adicionados, para condições P e NP respectivamente.

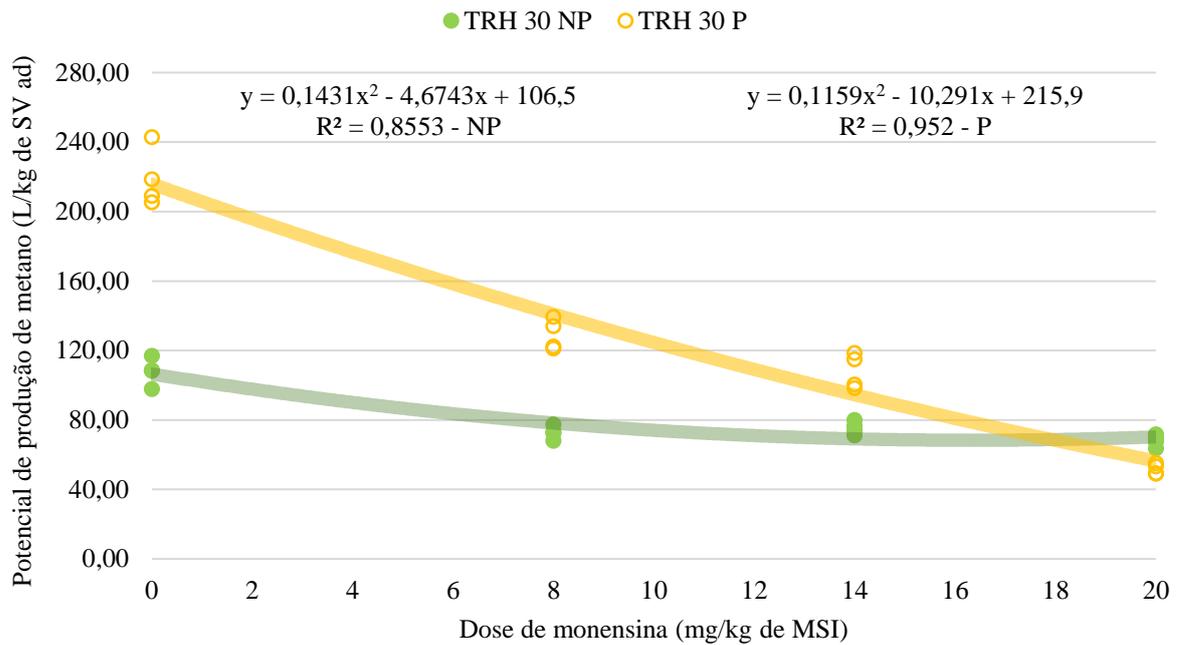


Figura 17. Potenciais de produção de metano (L/kg de SV adicionado) por substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P)

### Qualidade do biofertilizante

As concentrações de nitrogênio apresentadas na Tabela 3, demonstram a conservação dos teores de N durante o processo de biodigestão anaeróbia, independente da condição de peneiramento ou TRH adotado. Para a condição peneirada é possível observar que nos afluentes e efluentes em ambos os TRH (20 e 30 dias) a separação física além de reduzir as frações fibrosas, ainda promoveu maior concentração de N na fração líquida. Na condição NP, observa-se ligeiro acréscimo dos teores de N para os substratos gerados a partir dos dejetos com as inclusões de 8, 14 e 20 mg de monensina.kg<sup>-1</sup> de MSI, em ambos os TRH.

Tabela 3. Concentrações de Nitrogênio (%) em substratos preparados a partir dos dejetos de bovinos alimentados com doses crescentes de monensina, submetidos ou não ao peneiramento e digeridos por 20 ou 30 dias de tempo de retenção hidráulica (TRH).

Concentrações de Nitrogênio (%)					
Inclusão de Monensina (mg/kg de MSI)	Não Peneirado		Peneirado		
	20 dias de TRH		20 dias de TRH		
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	
Controle	2,35	2,50	2,32	2,31	
8	1,82	2,60	2,62	2,48	
14	1,83	2,25	2,31	2,29	
20	1,89	2,31	2,63	2,54	
	30 dias de TRH		30 dias de TRH		
	Controle	2,35	2,31	2,32	2,37
	8	1,82	2,26	2,62	2,70
	14	1,83	2,30	2,31	2,32
	20	1,89	2,53	2,63	2,41

Em estudo realizado por Junqueira (2011), utilizando dejetos de bovinos na biodigestão anaeróbia com o método de separação de frações, foram encontrados resultados semelhantes, com médias de 2,0 e 2,5% de N para afluentes e efluentes respectivamente, na condição NP, e para condição P as médias de 2,0 e 2,3% para os afluentes e efluentes.

Os resultados da demanda química de oxigênio nos afluentes e efluentes avaliados (Figuras 18 e 19) demonstram a importância da digestão anaeróbia na redução da carga orgânica contida nos resíduos. Verifica-se também, independente do tempo de retenção e dose de monensina na dieta, que o peneiramento foi efetivo em reduzir a DQO dos substratos. E ainda, a influência benéfica do TRH, que minimizou com maior eficiência a DQO nos efluentes retidos por 30 dias, em comparação com os 20 dias. Em estudo realizado por Orrico Junior (2007), utilizando dejetos de suínos em biodigestão anaeróbia com e sem separação de

frações, em diferentes tempos de retenção hidráulica, encontrou – se maiores reduções de DQO nas digestão de frações líquidas e nos maiores TRH, chegando a 69,83% de redução.

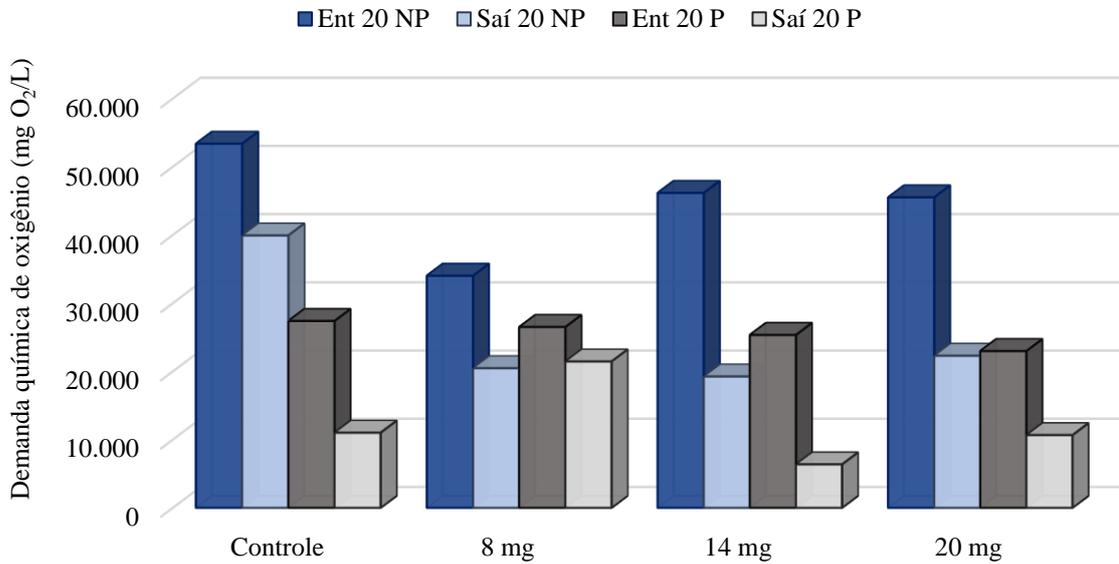


Figura 18. Demanda Química de Oxigênio – DQO (mg O<sub>2</sub>/litro) em substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P)

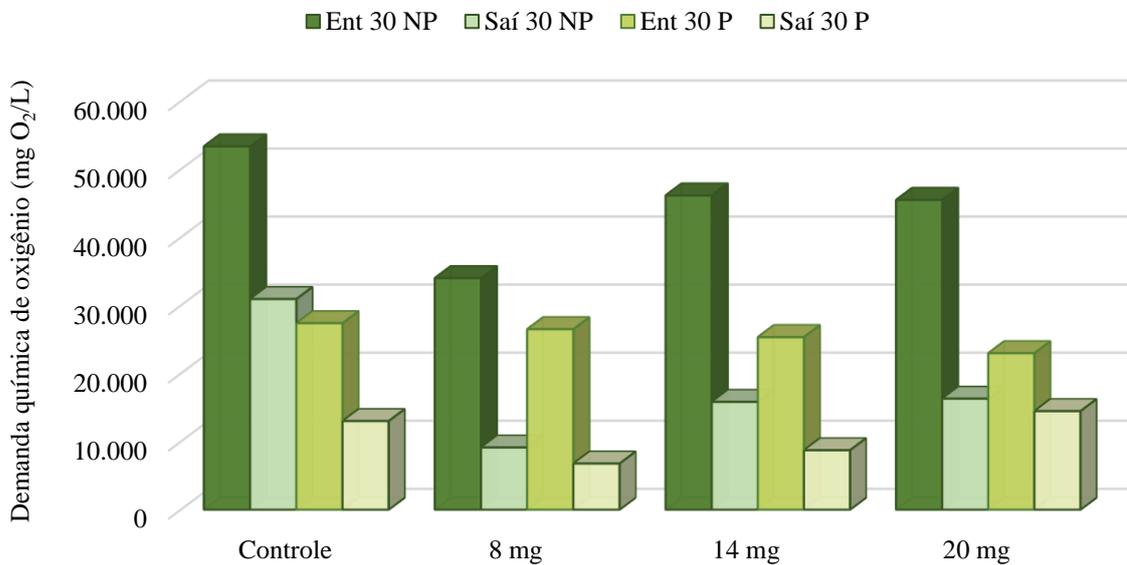


Figura 19. Demanda Química de Oxigênio – DQO (mg O<sub>2</sub>/litro) em substratos formados por dejetos de ovinos alimentados com doses crescentes de monensina e não peneirados (NP) ou peneirados (P)

## CONCLUSÃO

Dessa forma, conclui-se que a inclusão de monensina nas dietas de ovelhas influencia negativamente sobre as degradações de sólidos, potenciais de produção de biogás e metano durante a biodigestão anaeróbia dos dejetos, sendo o uso da peneira uma alternativa para reduzir a quantidade de fibras no substrato e minimizar os impactos desse ionóforo, tendo como consequência a maior eficiência do processo de biodigestão.

Assim, para o TRH 20 recomenda-se o peneiramento dos substratos a serem digeridos para qualquer dose de inclusão de monensina nas dietas de ovelhas. Já para o TRH 30 recomenda – se o peneiramento até dose de 14 mg de monensina/kg/MSI, acima de 14 mg o peneiramento reduz drasticamente os teores de metano, potenciais de biogás e metano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROSTAT. Estatística de comércio exterior do agronegócio brasileiro, 2020. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em: 21 jun. 2024.
- APPUHAMY, J. A. D. R. N.; STRATHE, A. B.; JAYASUNDARA, S.; WAGNER RIDDLE, C.; DIJKSTRA, J.; FRANCE, J.; KEBREAB, E. Anti-methanogenic effects of monensin in dairy and beef cattle: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, vol. 96, no. 8, p. 5161–5173, 2013. DOI 10.3168/jds.2012-5923. Available at: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5923>.
- ARMANDO, J.; CÁRDENAS, B.; LEMUS, C. Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. Revisión Enteric methane emission by ruminants and its contribution to global climate change. Review. **Revista Mexicana Ciencias Pecuarias**, v. 3, n. 2, p. 215–246, 2013.
- ARIKAN, O. A.; MULBRY, W.; RICE, C.; LANSING, S. The fate and effect of monensin during anaerobic digestion of dairy manure under mesophilic conditions. **PloS ONE**, v. 13, n. 2, p. e0192080, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192080>.
- BLACKWELL, P.A.; KAY, P. & BOXALL, A.B.A. The dissipation and transport of veterinary antibiotics in a sandy loam soil. *Chemosphere*, 67:292-299, 2007.
- BOFINGER, Jakson. Digestão anaeróbia das frações da cama de frango. 2019.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa: informações gerais e valores preliminares, 2009.
- CAI, Y., CHANG, S.X., CHENG, Y., 2017. Greenhouse gas emissions from excreta patches of grazing animals and their mitigation strategies. *Earth-Science Reviews* 171, 44–57. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.05.013>.
- CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – **Consumo de carne ovina no BR deve permanecer limitado em 2023**. Disponível em: <https://br.investing.com/analysis/ovinos-consumo-de-carne-ovina-no-br-deve-permanecer-limitado-em-2023-200455491>. Acesso em: 22 jun.2024.
- CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB DO AGRONEGÓCIO FECHA 2023 COM QUEDA DE 2, 99%**. 2024. Disponível em: <[https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/CT-PIB-AGRO\\_26.MAR.24.pdf](https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/CT-PIB-AGRO_26.MAR.24.pdf)>. Acesso em: 25 jun. 2024.
- COSTA, L. F. X.; OLIVEIRA, I. L. da S.; RODRIGUES, L. G. S.; RESENDE, V. C. de S.; COSTA, R. X. Viabilidade da utilização da monensina sódica na alimentação de ruminantes: revisão de literatura. **Nutritime**, vol. 15, no. 1, p. 8115–8121, 2018.

CZERKAWSKI, J. W. 1969. Methane production in ruminants and its significance. *World Rev. Nutr. Diet.* 11, 240-282.

DA COSTA, J. A. A. et al. **Produção de ovinos de corte em sistemas integrados**. 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202758/1/CNPC-2019-Producao-de-ovinos.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2024.

EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS. Centro de Inteligência e Mercado de Caprinos e Ovinos. Produção Mundial. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cim-inteligencia-e-mercado-de-caprinos-e-ovinos/producao-mundial>. Acesso em: 22 jun.2024

EMBRAPA. **Esterqueira - Portal Embrapa**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/paratec-controle-integrado-verminoses/vermes/caprinos-ovinos/esterqueira>>. Acesso em: 23 jun. 2024.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Faostat: Dados. 2018. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 22 jun. 2024.

FERREIRA, L. M. S. **BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE BOVINOS LEITEIROS COM E SEM SEPARAÇÃO DA FRAÇÃO SÓLIDA**. 2013. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/24214442-bbcf-4887-bd7d-d9af9fae62a0/content>>. Acesso em: 1 jul. 2024

GERBER, P. J., STEINFELD, H., HENDERSON, B., MOTTET, A., OPIO, C., DIJKMAN, J., FALCUCCI, A., & TEMPIO, G. (2013). Tackling climate change through livestock - A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

HASHIMOTO, A. G.; VAREL, V. H.; CHEN, Y. R. Ultimate methane yield from beef cattle manure: effect of temperature, ration constituents, antibiotics and manure 72 age. **Agricultural Wastes**, v. 3, n. 4, p. 241-256, 1981. [https://doi.org/10.1016/0141-4607\(81\)90011-1](https://doi.org/10.1016/0141-4607(81)90011-1).

HOLTER, J. B., YOUNG, A. J. 1992. Methane prediction in dry and lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, 75, 2165-2175.

HURST, J. J.; WALLACE, J. S.; AGA, D. S. Method development for the analysis of ionophore antimicrobials in dairy manure to assess removal within a membrane-based treatment system. *Chemosphere*, vol. 197, p. 271–279, 2018. DOI 82 10.1016/j.chemosphere.2018.01.028. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.01.028>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/ovino/br>. Acesso em: 21.jun.2024

INCE, B.; COBAN, H.; TURKER, G.; ERTEKIN, E.; & INCE, O. Effect of oxytetracycline on biogas production and active microbial populations during batch anaerobic digestion of cow

manure. **Bioprocess and biosystems engineering**, v. 36, n. 5, p. 541-546, 2013. <https://doi.org/10.1007/s00449-012-0809-y>.

IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

KEMPER, N. Veterinary antibiotics in the aquatic and terrestrial environment. Ecological indicators, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.06.002>.

LIMA, J. D. Coccidiose dos ruminantes domésticos. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v. 13, suplemento 1, 2004

MARTI, E.; GROS, M.; BOY-ROURA, M.; OVEJERO, J.; BUSQUETS, A.M.; COLÓN, J.; PETROVIC, M.; PONSÁ, S. Pharmaceuticals Removal in an On-Farm Pig Slurry Treatment Plant Based on Solid-Liquid Separation and Nitrification-Denitrification Systems. *Waste Management* 2020, 102, 412–419, doi:10.1016/j.wasman.2019.11.001.

MARTINS, E. C. Custos de produção de ovinos e caprinos. 2010. Disponível em: <https://bit.ly/2SQMfZH>. Acesso em: 22 jun. 2024.

McALLISTER, T.A; OKINE, E. K.; MATHISON, G. W.; CHENG, K. J; 1996. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. *Canadian Journal of Animal Science*, V.76, p.231-243.

MCALLISTER TA, BAE HD, JONES GA, CHENG KJ. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *J Anim Sci*. 1996;72:3004–18

Minuzzi, S.W.; Giongo C.; Padilha A.P.; Almeida V.B.; Nalério E.S.; Costa R.J. OPORTUNIDADE DE MERCADO E DE AGREGAÇÃO DE VALOR PARA PRODUTO TIPO BACON DESENVOLVIDO A PARTIR DE CARNE OVINA – OVEICON. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1062054/1/oportunidadedemercadodooveicon.pdf>. Acesso em 22 jun. 2024

MORAIS, J.A.S.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A. Aditivos. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de ruminantes**. 1.ed. Jaboticabal: Funep, 2006. p.539-570

MOUMEN, A.; AZIZI, G.; CHEKROUN, K.B.; BAGHOUR, M. The effects of livestock methane emission on the global warming: a review, **International Journal Global Warming**, Vol. 9, No. 2, pp.229–253, 2016.

NAGARAJA, T. G.; NEWBOLD, C. J.; VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER D. I. Manipulation of ruminal fermentation. In: Hobson, P. N.; Stewart, C. S. (Ed.). *The rumen microbial ecosystem*. London: Blackie Academic & Professional, p. 523– 632. 1997.

NRC, 2007. *Nutrient requirements of small ruminants : sheep, goats, cervids, and New World camelids*, 2nd ed. National Academies Press, Washington.

ORRICO, A. C. A., LOPES, W. R. T., MANARELLI, D. M., ORRICO JUNIOR, M. A. P., SUNADA, N. S. (2016). Co-digestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros e óleo de descarte. *Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering*. 36, pp. 537-545.

ORRICO JUNIOR, M. A. P. "**BIODIGESTÃO ANAERÓBIA E COMPOSTAGEM DE DEJETOS DE SUÍNOS, COM E SEM SEPARAÇÃO DE SÓLIDOS**". Jaboticabal: Unesp, 2007.

PAULA, Matheus Felipe Freitas Viana de. *Uso de ionóforos na dieta de bovinos de corte: fermentação ruminal e digestibilidade aparente dos nutrientes*. 2022. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022. doi:10.11606/D.10.2022.tde-17032022-093454. Acesso em: 2024-06-23.

PRADO, T. A. *O uso de aditivos, de uréia e outras fontes de NNP para Ruminantes*. Curso de Pós-graduação lato sensu em Nutrição e Alimentação de Ruminantes, Módulo 9. Uberaba: FAZU, 2009. 59p.

PERES ASSUMPTÃO, A. H. **O uso individual e associado de monensina, taninos e nitrato de cálcio na alimentação de bovinos promove a redução do gás metano**. 2021. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

QUADROS, D. G.; *Cadeia produtiva da ovinocultura e da caprinocultura*. – Indaial: UNIASSELVI, 2018.

RANI, J.; PANDEY, K. P.; KUSHWAHA, J.; PRIYADARSINI, M.; DHOBLE, A. S. Antibiotics in anaerobic digestion: Investigative studies on digester performance and microbial diversity. *Bioresource Technology*, vol. 361, no. June, p. 127662, 2022. DOI 10.1016/j.biortech.2022.127662. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127662>.

REIS, R. A.; OLIVEIRA, A. A. de; SIQUEIRA, G. R.; GATTO, E. Semiconfinamento para produção intensiva de bovinos de corte. In: SIMPÓSIO MATOGROSSENSE DE BOVINOCULTURA DE CORTE, Anais...Cuiabá, 2011. p. 195-224.

REIS, R. A., et al. ADITIVOS ALTERNATIVOS PARA A ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES. II Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal (II CLANA) Palestra Técnica Realização: CBNA - AMENA– São Paulo, SP. Ingredientes destinados à Nutrição Animal. São Paulo- SP, 2006.

RIGOBELLO, E.C.; PEREIRA, M.C.S.; VICARI, D.V.F.; MILLEN, D.D. 2014. Utilização de próbiotico e monensina sódica sobre o desempenho produtivo e características de carcaça de bovinos Nelore terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.2, p.415-424.

SARMAH, A.K.; MEYER, M.T. & BOXALL, A.B.A. A global perspective on the use, sales, exposure pathways, occurrence, fate and effects of veterinary antibiotics (Vas) in the environment. *Chemosphere*, 65:725-759, 2006.

SPIRITO, C. M.; DALY, S. E.; WERNER, J. J.; ANGENENT, L. T. Redundancy in anaerobic digestion microbiomes during disturbances by the antibiotic monensin. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 84, no. 9, p. 1–18, 2018. <https://doi.org/10.1128/AEM.02692-17>.

VAREL, V. H.; HASHIMOTO, A. G. Methane production by fermentor cultures acclimated to waste from cattle fed monensin, lasalocid, salinomycin, or avoparcin. **Applied Environmental Microbiology**, v. 44, n. 6, p. 1415-1420, 1982. Disponível em: <https://aem.asm.org/content/44/6/1415.short>>. Acesso em: 23 jun. 2024.

VAREL, V. H.; WELLS, J. E.; SHELVER, W. L.; RICE, C. P.; ARMSTRONG, D. L.; & PARKER, D. B. Effect of anaerobic digestion temperature on odour, coliforms and chlortetracycline in swine manure or monensin in cattle manure. **Journal of Applied Microbiology**, v. 112, n. 4, p. 705-715, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2012.05250.x>.

XIAO, L.; WANG, Y.; LICHTFOUSE, E.; LI, Z.; KUMAR, P. S.; LIU, J.; FENG, D.; YANG, Q.; LIU, F. Effect of antibiotics on the microbial efficiency of anaerobic digestion of wastewater: A Review. **Frontiers Microbiology**, v.11, 2021. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.611613>.

XIN, K. E.; WANG, C. Y.; LI, R. D.; & ZHANG, Y. Effects of oxytetracycline on methane production and the microbial communities during anaerobic digestion of cow manure. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 13, n. 6, p. 1373-1381, 2014. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60683-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60683-8).

YANG, Y.; HUANG, W.; HUANG, W. Antibiotic inhibition on anaerobic digestion of animal manure and controlling strategies: a short review. *CLEAN–Soil, Air, Water*, v. 47, n. 1, p. 1700653, 2019. <https://doi.org/10.1002/clen.201700653>.