

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

INCLUSÃO DE NARASINA NA RECRIA E NARASINA OU  
MONENSINA NA TERMINAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE  
TERMINADOS EM CONFINAMENTO SOBRE O DESEMPENHO  
ANIMAL E MORFOMETRIA RUMINAL

Autora: Jéssica Geralda Ferracini

Orientador: Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado

Coorientador: Prof. Dr. Danilo Domingues Millen

MARINGÁ

Estado do Paraná

Fevereiro – 2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

INCLUSÃO DE NARASINA NA RECRIA E NARASINA OU  
MONENSINA NA TERMINAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE  
TERMINADOS EM CONFINAMENTO SOBRE O DESEMPENHO  
ANIMAL E MORFOMETRIA RUMINAL

Autora: Jéssica Geralda Ferracini

Orientador: Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado

Coorientador: Prof. Dr. Danilo Domingues Millen

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de concentração: Produção Animal.

MARINGÁ

Estado do Paraná

Fevereiro – 2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

F369i

Ferracini, Jessica Geralda

Inclusão de Nasarina na recria e Nasarina ou Monensina na terminação de bovinos de corte terminados em confinamento sobre o desempenho animal e morfometria ruminal / Jessica Geralda Ferracini. -- Maringá, PR, 2023.  
40 f.: il., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado.

Coorientador: Prof. Dr. Danilo Domingues Millen.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2023.

1. Desempenho animal. 2. Consumo de ração. 3. Flutuação no consumo de matéria seca. 4. Ionóforos. 5. Saúde ruminal. I. Prado, Ivanor Nunes do, orient. II. Millen, Danilo Domingues, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 23.ed. 636.2



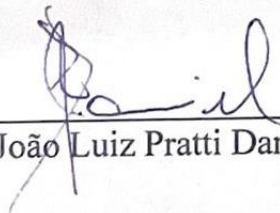
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

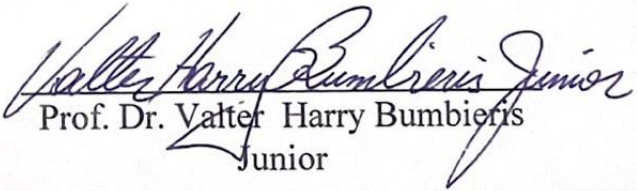
INCLUSÃO DE NARASINA NA RECRIA E NARASINA  
OU MOENSINA NA TERMINAÇÃO DE BOVINOS  
DE CORTE TERMINADOS EM CONFINAMENTO SOBRE  
O DESEMPENHO ANIMAL E MORFOMETRIA RUMINAL

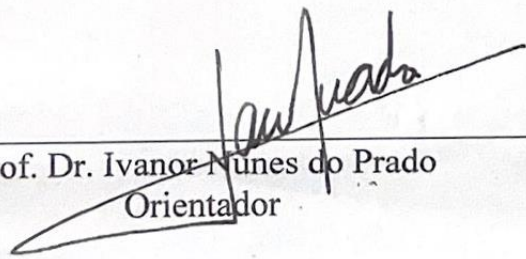
Autora: Jessica Geralda Ferracini  
Orientador: Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção  
Animal

APROVADA em 24 de fevereiro de 2023.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. João Luiz Pratti Daniel

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Valtér Harry Bumbieris  
Junior

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado  
Orientador

Os que esperam no Senhor renovarão as forças,  
subirão com asas como águias; correrão, e não se  
cansarão, caminharão e não se fatigarão.

(Isaías, 40:29-31)

Aos

Meus pais, Teresa de Jesus Brito Ferracini e José Orlando Ferracini, cujo apoio e estímulo me fizeram ir além.

À

Minha avó paterna, Maria Geralda Ferracini (*in memoriam*), cujo amor e paciência me fizeram uma pessoa melhor.

Aos

Meus irmãos, Ricardo Alexandre Ferracini e Renato Henrique Ferracini e minhas sobrinhas, Helena Santos Ferracini e Ana Clara Valeze Ferracini.

Dedico esta conquista! Todo amor, admiração e gratidão a vocês.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por sempre estar presente em meu caminho, me guiando e capacitando, em todos os momentos.

Agradeço á Nossa Senhora de Aparecida, minha mãezinha querida, que sempre intercede por mim.

Aos meus pais, Teresa de Jesus Brito Ferracini e José Orlando Ferracini, que fizeram a realização desse sonho ser possível. Agradeço por todo amor e dedicação para comigo.

Á minha avó, Maria Geralda Ferracini (*in memorian*), a qual sempre cuidou e zelou por mim.

Aos meus irmãos, Renato Henrique Ferracini e Ricardo Alexandre Ferracini, por serem meus exemplos, por sempre terem cuidado de mim.

Ao meu namorado e companheiro, Vinícius Kenji Tamehiro, pelo apoio e ajuda de sempre, em todos os momentos.

Ao professor Ivanor Nunes do Prado, pela orientação no desenvolvimento do trabalho, inúmeros ensinamentos e toda paciência.

Ao Danilo Domingues Millen, pela coorientação, auxílio no desenvolvimento do trabalho, incentivo e inúmeros ensinamentos.

À equipe do grupo Gasparim, em especial, Daniel Polli, Mariana Gasparim e Luanda Torquato, pelo incentivo á pesquisa, paciência e ajuda, durante todo o desenvolvimento do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a empresa Gasparim – Sementes e Nutrição Animal e Elanco pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Aos amigos que me acompanharam e auxiliaram no desenvolvimento do projeto, em especial, Beatriz Ligoski e Lidiane Miranda. E a todos os colaboradores do Confinamento Grupo Gasparim, que se dedicaram e me auxiliaram em todo o período experimental.



## BIOGRAFIA

Jéssica Geralda Ferracini, filha de Teresa de Jesus Brito Ferracini e José Orlando Ferracini, nasceu no município de Uraí, estado do Paraná, Brasil, no dia 27 de fevereiro de 1998.

Em fevereiro de 2016, ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Estadual de Londrina, na cidade de Londrina, estado do Paraná, Brasil. Concluiu o mesmo em abril de 2021, recebendo o título de Zootecnista.

Em março de 2021, ingressou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, nível de Mestrado, da Universidade Estadual de Maringá, na cidade de Maringá, estado do Paraná, Brasil.

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 Modo de ação dos ionóforos .....	5
2.1 Ionóforos sobre o desempenho animal .....	6
2.2 Ionóforos e modulação ruminal .....	9
2.3 Ionóforos e metabolismo do nitrogênio no rúmen.....	12
REFERÊNCIAS .....	15
3. NARASIN USE IN THE REARING PHASE AND THE SUBSEQUENT EFFECT OF NARASIN AND MONENSIN ON PERFORMANCE, CARCASS AND RUMEN MORPHOMETRY IN NELLORE BULLS FINISHED IN FEEDLOT .....	26
Local.....	28
Animals .....	29
Experimental diets.....	29
Rearing period.....	29
Feedlot phases .....	31
Animal performance.....	32
Slaughter and carcass dressing.....	33
Sample collection and measurements .....	33
Statistical analysis .....	34
Rearing period.....	34
Fattening period .....	35
REFERENCES.....	40

## LISTA DE TABELAS

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>Tabela 1</b> Características dos ionóforos e a preferência seletiva das ligações com íons...6	
<b>Tabela 2</b> Resposta de sensibilidade de bactérias ruminais a ionóforos.....7	
<b>3. NARASIN USE IN THE REARING PHASE AND THE SUBSEQUENT EFFECT OF NARASIN AND MONENSIN ON PERFORMANCE, CARCASS AND RUMEN MORPHOMETRY IN NELLORE BULLS FINISHED IN FEEDLOT.....</b>	<b>26</b>
<b>Table 1</b> Bromatological analysis of sugarcane bagasse and corn silage used in the diet offered to animals in rearing.....30	
<b>Table 2</b> Experimental diets of the rearing phase. ....30	
<b>Table 3</b> Mineral supplement containing or not narasin offered to animals in rearing ...31	
<b>Table 4</b> Experimental diets containing narasin or sodium monensin fed to confined Nellore bulls .....32	
<b>Table 5</b> Performance of Nellore bulls in the growing period fed a high roughage diet with or without the addition of narasin.....35	
<b>Table 6</b> Performance of feedlot Nellore bulls fed high concentrate diets containing narasin or sodium monensin, from supplementation or not with narasin in the fattening phase .....36	
<b>Table 7</b> Rumen and cecal lesion scores, and ruminal morphometry of feedlot Nellore bulls fed high concentrate diets containing narasin or sodium monensin, resulting from supplementation or not with narasin in the rearing phase .....38	

## RESUMO

Os ionóforos são adicionados às dietas de animais de alta produção para aumentar o ganho de peso, melhorar a eficiência alimentar e modular a fermentação ruminal. No entanto, existem vários e diferentes compostos que podem ser usados na dieta animal. Este trabalho foi realizado para avaliar o desempenho animal, ingestão de alimentos, rendimento de carcaça e saúde do epitélio ruminal de bovinos Nelores terminados em confinamento, alimentados com dietas contendo monensina sódica, narasina e combinação destas duas moléculas, mas que foram recriados consumindo ou não narasina. Foram utilizados 96 bovinos da raça Nelore, não castrados, com peso vivo inicial médio de  $334,1 \pm 27,0$  kg. Os animais foram blocados por peso (6 blocos) e alocados, aleatoriamente, em 24 baias (4 animais por baia). Os tratamentos foram aleatoriamente designados para cada baia, de acordo, primeiramente com a fase de recria e, depois, com a fase de confinamento: CONT+MONE, sem inclusão de aditivo na recria e monensina sódica (27 ppm) no confinamento, CONT+NARA, sem inclusão de aditivo na recria e narasina (13 ppm) no confinamento, NARA+MONE, inclusão de narasina (13 ppm) na recria e monensina sódica (27 ppm) no confinamento e NARA+NARA, narasina (13 ppm) na recria e no confinamento. Desta forma, houve um arranjo fatorial 2 x 2, com seis repetições por tratamento. A inclusão de monensina e narasina não alteraram o desempenho animal, ingestão de alimentos, rendimento de carcaça quente e a saúde ruminal. Os animais mostraram um ganho de peso elevado (ordem 1,70 kg/dia), alta taxa de ingestão (mais de 2,50% do peso corporal), alto rendimento de carcaça (próximo de 56%), e sem efeitos adversos no epitélio ruminal. Em conclusão, a narasina pode substituir a monensina para bovinos terminados em confinamento.

**Palavras chave:** Desempenho animal, consumo de ração, Flutuação no consumo de matéria seca, Ionóforos, Saúde ruminal.

## ABSTRACT

Ionophores are added to high-producing animal diets to increase weight gain, improve feed efficiency, and modulate rumen fermentation. However, there are several different compounds that can be used in animal diets. This work was carried out to evaluate the animal performance, food intake, carcass yield and health of the ruminal epithelium of Nelore cattle finished in confinement, fed with diets containing sodium monensin, narasin and combination of these two molecules, but which were recreated consuming or not narasina. Ninety-six Nellore cattle, not castrated, with average initial live weight of  $334.1 \pm 27.0$  kg were used. The animals were blocked by weight (6 blocks) and randomly allocated in 24 pens (4 animals per pen). Treatments were randomly assigned to each pen, according to the rearing phase first and then the confinement phase: CONT+MONE, without inclusion of additive in rearing and sodium monensin (27 ppm) in confinement, CONT+NARA, without additive inclusion in rearing and narasin (13 ppm) in confinement, NARA+MONE, inclusion of narasin (13 ppm) in rearing and sodium monensin (27 ppm) in confinement and NARA+NARA, narasin (13 ppm) in rearing and in confinement. Thus, there was a 2 x 2 factorial arrangement, with six replications per treatment. The inclusion of monensin and narasin did not change animal performance, feed intake, hot carcass yield and ruminal health. The animals showed a high weight gain (around 1.70 kg/day), high ingestion rate (more than 2.50% of body weight), high carcass yield (close to 56%) and no adverse effects on the epithelium. ruminal. In conclusion, narasin can replace monensin for feedlot finished cattle.

**Keywords:** Animal performance, Feed intake, Fluctuation in dry matter intake, Ionophores, Ruminal health.

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema de produção de carne bovina nos trópicos, em particular no Brasil, sempre foi realizado em pastagens e com bovinos com predominância de genética zebuína (ANUALPEC, 2021). Todavia, este sistema de produção é de baixa eficiência, período mais longo para abate dos animais e produção de carne menos macia e mais escura (Rotta et al., 2009). Todavia, nos últimos tempos, este sistema está mudando para sistemas de maior produtividade, com implantação de pastagens tropicais melhoradas (Rodrigues et al., 2008), utilização de pastagens de inverno (Frizzo et al., 2003), suplementação de animais em pastagens (Moreira et al., 2003, 2008) e adoção de semiconfinamento (Mottin et al., 2020; Silva et al., 2010) e confinamento com alto-grão (Fugita et al., 2018; Ornaghi et al., 2017). No entanto, este sistema de produção de carne bovina mais tecnificada exige uma alimentação com maior densidade energética, proteica e suplementada com aditivos de diferentes origens para maximizar o ganho em peso, eficiência alimentar e qualidade da carne (Rigueiro et al., 2020; Valero et al., 2011; Zawadzki et al., 2011).

Inicialmente, depois dos anos 70, a monensina sódica foi utilizada para melhorar a eficiência da produção animal (Duffield et al., 2012). Posteriormente, outros aditivos foram desenvolvidas como é o caso das leveduras (Broadway et al., 2015; Shurson, 2018), lasalocida (Golder & Lean, 2016), ovaparcina (Darden et al., 1985), salinomicina (Limede et al., 2021) e narasina (Assis et al., 2020), entre outros. Ainda, mais recentemente outros compostos naturais como, por exemplo, própolis (Valero et al., 2016; Zawadzki et al., 2011), extratos de plantas (Bonin et al., 2020) e óleos essenciais (Mottin et al., 2020; Ornaghi et al., 2020) estão sendo pesquisados como moduladores da fermentação ruminal e suas consequências na eficiência na produção de ruminantes, em razão dos seus efeitos antimicrobianos e antioxidantes.

Narasina, um ionóforo polyester, é usado na indústria das aves, bovinos e suínos como um agente anticoccidiostático de forma similar aos outros ionóforos como, por exemplo, monensina, salinomicina e lasalocida. Este composto é um antibiótico produzido por bactérias *Streptomyces aureofaciens*, cuja fórmula molecular é  $C_{43}H_{72}O_{11}$  e peso molecular 765 Daltons. Esta molécula possui estabilidade em álcool, acetona, clorofórmio e acetato de etila, mas é insolúvel em água (Berg & Hamill, 1978).

No início, em estudo *in vivo* com narasina na nutrição de ruminantes realizado por Strasia et al. (1987) foi demonstrado que com a adição deste composto, os animais mostraram

maior tendência em ganho de peso, quando comparado à molécula usada até então: monensina. À mesma época, Nagaraja et al. (1987), em ensaio realizado *in vitro* no qual foram usados vários aditivos, a narasina foi mais eficaz na inibição da produção de ácido láctico que os demais aditivos. Da mesma forma, outros estudos ao longo dos anos foram realizados com uso de narasina na alimentação de ruminantes, sobretudo, nos últimos anos.

Estudos recentes com narasina mostraram efeitos positivos na modulação ruminal, aumentando os níveis de propionato e reduzindo os de acetato e nitrogênio amoniacal (Polizel et al., 2020; Polizel et al., 2020). Pasqualino et al. (2020) observaram que os efeitos da adição da narasina na dieta de cordeiro estiveram presentes quatro dias após a retirada do aditivo. Além disso, outros estudos têm demonstrado os efeitos positivos no desempenho de bovinos alimentados com dietas a base de forragem (Limede et al., 2021). A adição de narasina nas dietas de ruminantes alimentados com dietas de alta forragem mostraram que a narasina aumentou o ganho médio diário em 20% (Limede et al., 2021; Polizel et al., 2020, 2021). No entanto, os efeitos na ingestão de alimentos foram menores, da ordem de 8%, ou sem efeitos, em outros estudos. Este aumento relativo na ingestão de alimentos com uso de narasina com dietas de alto teor de forragem seria os efeitos da molécula na digestibilidade dos nutrientes, por meio de alterações na população microbiana ruminal. Polizel et al. (2021) observaram que a suplementação de narasina na dieta de cordeiros alimentados com forragens de baixa qualidade aumentou a digestibilidade da FDN. Todavia, os efeitos sobre a digestibilidade dos nutrientes não foram observados em cordeiros (Oliveira et al., 2022; Polizel et al., 2021) e bovinos (Limede et al., 2021; Polizel et al., 2020; Soares et al., 2021). Oliveira et al. (2022) e Polizel et al. (2021) observaram melhor eficiência alimentar da ordem de 30% em cordeiros alimentados com dieta de alta-forragem. No entanto, em outros estudos, a adição de narasina não teve efeito sobre a eficiência alimentar de bovinos (Limede et al., 2021; Polizel et al., 2020). Desta forma, parece que os efeitos positivos da adição da narasina às dietas dos ruminantes é dependente de outros fatores como, por exemplo, a razão volumoso/concentrado, estágio fisiológico e espécies dos animais.

No que concerne à fermentação ruminal, a narasina tem efeito bastante semelhante aos demais aditivos usados na dieta animal. A adição da narasina às dietas de ruminantes (ovinos e bovinos) não mostrou efeito sobre o pH ruminal (Limede et al., 2021; Polizel et al., 2020; Polizel et al., 2021; Soares et al., 2021).

De modo geral, a adição de narasina às dietas de ruminantes (bovinos e ovinos) reduz os níveis de acetato (Limede et al., 2021; Polizel et al., 2020; Soares et al., 2021). Ao contrário,

os níveis de propionato aumentam de forma significativa na maioria dos estudos (Limede et al., 2021; Oliveira et al., 2022; Pasqualino et al., 2020; Polizel et al., 2020; Soares et al., 2021). A adição da narasina às dietas dos ruminantes não tem efeito sobre os níveis de butirato (Oliveira et al., 2022; Pasqualino et al., 2020) ou uma pequena redução (Limede et al., 2021; Polizel et al., 2020). Por outro lado, os níveis de valerato, iso-butirato e iso-valerato não foram alterados pela presença da narasina às dietas dos animais (Limede et al., 2021; Oliveira et al., 2022; Pasqualino et al., 2020; Polizel et al., 2020; Soares et al., 2021). O somatório das concentrações dos ácidos graxos no rúmen, em alguns trabalhos, mostra uma elevação (Oliveira et al., 2022; Soares et al., 2021), em outros uma redução (Limede et al., 2021; Polizel et al., 2020) ou, ainda, em outros não apresenta qualquer efeito (Pasqualino et al., 2020; Polizel et al., 2021). Em todos os trabalhos recentes, a razão acetato/propionato apresenta uma redução consistente (Limede et al., 2021; Oliveira et al., 2022; Pasqualino et al., 2020; Polizel et al., 2020; Soares et al., 2021), tanto para bovinos como para ovinos. Da mesma forma, as concentrações de nitrogênio amoniacal são menores quando ocorre uma adição de narasina às dietas dos ruminantes (Limede et al., 2021; Oliveira et al., 2022; Soares et al., 2021).

A hipótese deste trabalho foi verificar se a adição de narasina na fase de recria poderia impactar de forma positiva no desempenho produtivo e saúde do epitélio digestivo de bovinos Nelore na fase de confinamento e terminados com a inclusão de narasina ou monensina.

Este trabalho foi realizado para avaliar o efeito da inclusão de narasina ou monensina às dietas sobre o desempenho animal, ingestão de alimentos, rendimento de carcaça e a morfometria ruminal de bovinos Nelore terminados em confinamento com alta densidade energética, mas que foram recriados com dieta suplementada com narasina ou não.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Os aditivos alimentares são compostos importantes para aumentar o desempenho animal e melhorar a eficiência alimentar em ruminantes terminada em sistema de pastagens ou de confinamento (Bretschneider et al., 2008; Duffield et al., 2012; Marques & Cooke, 2021). Entre os vários aditivos alimentares, os ionóforos são os mais estudados e usados na dieta de ruminantes devido às alterações no microbioma ruminal (Schären et al., 2017; Weimer, 1998; Weimer et al., 2008), pela otimização das vias da fermentação e reduções nas perturbações digestivas (Duffield et al., 2012; Nagaraja, 1995; Nagaraja & Lechtenberg, 2007; Tedeschi et al., 2003). As alterações no ambiente ruminal e dinâmica de fermentação, em consequência dos uso de ionóforos, da mesma forma, melhora a utilização da energia e da fração nitrogenada das dietas (McGuffey et al., 2001; Russell & Strobel, 1989; Weimer et al., 2008). Além disso, os ionóforos reduzem à propensão ao timpanismo, a produção de ácidos graxos de cadeia curta, em decorrência do aumento de carboidratos solúveis nas dietas de ruminantes (Duffield et al., 2012; Nagaraja & Lechtenberg, 2007; Tedeschi et al., 2003).

Os ionóforos são poliésteres carboxílicos, um antibiótico produzido naturalmente pelas cepas de *Streptomyces* spp e fornecido aos ruminantes via oral (Ensley, 2020). Os ionóforos modulam a fermentação ruminal pelas alterações no metabolismo das bactérias Gram-positivas como, por exemplo, as bactérias celulolíticas, proteolíticas, archeas metanogênicas e as espécies de bactérias produtoras de lactato (Dennis et al., 1981; Dinius et al., 1976; Richardson et al., 1976). Na realidade, muitos ionóforos como, por exemplo, laidlomocina, lasalocida, monensina, narasina e salinomocina) são comercializados em todo o mundo. Os mecanismos de ação de cada uma delas no rúmen são semelhantes. Por outro lado, o desempenho animal e eficiência alimentar são dependentes de outras variáveis como, por exemplo, a dosagem, composição da dieta, idade, estágio fisiológico dos animais, gênero, tipo racial, entre outros (Bretschneider, 2005; Duffield et al., 2012; Ensley, 2020; Golder & Lean, 2016; Tedeschi et al., 2003). Os ionóforos adicionados às dietas dos ruminantes alteram a modulação ruminal com uma fermentação mais eficiente e, assim, modificam o microbioma ruminal, reduzindo as archeas metanogênicas (Bretschneider et al., 2008; Duffield et al., 2012; Ellis et al., 2012; Eugène et al., 2008; Golder & Lean, 2016; Schären et al., 2017). Além de todos esses efeitos, a adição dos ionóforos às dietas dos ruminantes mitiga a proteólise no rúmen e, conseqüentemente, reduz a síntese e excreção de amônia (Golder & Lean, 2016; Goodrich et al., 1984; M. Rogers et al., 1997).

### *2.1 Modo de ação dos ionóforos*

Os ionóforos são compostos altamente lipofílicos (Pressman, 1976). Deste modo, a capacidade destas moléculas para aderir nas membranas das bactérias no meio ruminal é determinante para a sensibilidade destes microrganismos. Na realidade, essa capacidade de aderência é determinada pela estrutura da parede celular das diferentes bactérias (Schären et al., 2017; Weimer et al., 2008). As bactérias Gram-positivas são desprovidas de uma membrana de proteção e, desta forma, são mais sensíveis aos ionóforos. Ao contrário, as bactérias Gram-negativas são mais resistentes aos ionóforos porque as mesmas são protegidas por uma membrana externa (dupla camada), no entanto, alguns ionóforos podem atravessar a dupla camada das bactérias Gram-negativas (Russell, 1987).

Os ionóforos têm a capacidade de interagir com os íons de metais, portanto, se devem à origem do nome destes compostos e, deste forma, servir como um transportador destes íons através da membrana das bactérias (Ovchinnikov, 1979). Grande parte das bactérias no rúmen tem maior capacidade de sobrevivência em um ambiente alcalino em consequência da alta concentração intracelular de potássio e baixa concentração de sódio (Russell, 1987). No entanto, o líquido ruminal é rico em sódio e baixo em potássio e, assim, moderadamente ácido (pH normal entre 6 e 7) em razão da sistemática produção de ácidos graxos de cadeia curta (Russell & Strobel, 1989). Na realidade, as bactérias do rúmen dependem do gradiente de equilíbrio iônico entre sódio e potássio para manter um ambiente intracelular saudável. Os ionóforos serão inseridos na membrana lipídica das bactérias do rúmen, destruindo o balanço intra e extracelular pela redução do potássio e pH e, assim, aumentando o sódio intracelular (Russell, 1987). As bactérias do rúmen reagem à essa acidificação do meio intracelular ativando os sistemas sódio/potássio e hidrogênio ATPase, que bombeiam os prótons para fora da célula (Booth, 1985). Deste modo, as ações deste sistema esgotam o ATP intracelular durante a remoção dos íons hidrogênio, reduzindo a viabilidade celular (Russell & Strobel, 1989; Russell, 1987). Vale lembrar que os diferentes ionóforos são seletivos para íons específicos, determinado um status de preferência de ligação dos íons (Painter et al., 1982). Embora os ionóforos compartilhem modo de ação semelhante, as diferenças na seletividade determinam a capacidade dos ionóforos em atingir concentrações efetivas no rúmen e sua eficiência em causar alterações bacterianas (Tabela 1) (Pressman, 1976).

**Tabela 1** Características dos ionóforos e a preferência seletiva das ligações com íons

Ionóforos	Bactéria produtora	Peso molecular	Sequência de íons
Monensina	<i>Streptomyces cinnamomensis</i>	671	Na <sup>+</sup> > K <sup>+</sup> , Li <sup>+</sup> > Rb <sup>+</sup> > Cs <sup>+</sup>
Lasalocida	<i>Streptomyces lasaliensis</i>	591	Ba <sup>++</sup> , K <sup>+</sup> > Rb <sup>+</sup> > Na <sup>+</sup> > Cs <sup>+</sup> > Li <sup>+</sup>
Narasina	<i>Streptomyces aureofaciens</i>	765	Na <sup>+</sup> > K <sup>+</sup> , Rb <sup>+</sup> , Cs <sup>+</sup> , Li <sup>+</sup>
Salinomicina	<i>Streptomyces albus</i>	751	Mg <sup>+</sup>

Fonte: Adaptado de Nagaraja (1995).

As bactérias que produzem os ionóforos são, de modo geral, resistentes aos ionóforos. O modo dessa resistência ainda não está bem estabelecido (Russell & Houlihan, 2003). Apesar de parecer estar ligada a ineficácia desta molécula a atravessar a parede celular, em razão da membrana extracelular nestas bactérias (Kim et al., 2014; Kim et al., 2014). Assim sendo, os ionóforos, de modo geral, inibem as bactérias Gram-positivas em relação às Gram-negativas, em função da penetração destas moléculas pela membrana destas bactérias (Weimer et al., 2008). Todavia, esta norma não é aplicável para todas as bactérias existentes no rúmen (Kim et al., 2014; Russell & Houlihan, 2003). Como exemplo, a bactéria *Butyrivibrio fibrosolves*, uma bactéria produtora de ácido butírico pertence ao grupo das Gram-positivas e é resistente aos ionóforos (Cheng & Costerton, 1977; Nagaraja, 1995). Por outro lado, algumas bactérias Gram-negativas podem inicialmente ser resistentes aos ionóforos e torna-se não resistentes após um período de adaptação (Chen & Wolin, 1979; Russell & Houlihan, 2003). De modo geral, os microrganismos sensíveis aos ionóforos são Gram-positivos e produzem ácido acético, ácido láctico e metano. Por outro lado, as bactérias resistentes aos ionóforos são Gram-negativas que produzem succinato e propionato (Tabela 2) (Azzaz et al., 2015; Nagaraja, 1995).

### 2.1 Ionóforos sobre o desempenho animal

Os ionóforos são usados na alimentação de ruminantes desde a década de 70, como modulador ruminal. Deste modo, desde esta época, muitas meta-análises foram publicadas sobre os efeitos dos vários ionóforos no desempenho de ruminantes (gado de corte e vacas de leite) (Azzaz et al., 2015; Bretschneider et al., 2008; Duffield et al., 2012; Ellis et al., 2012; Ensley, 2020; Golder & Lean, 2016; Marques & Cooke, 2021; Tedeschi et al., 2003). Duffield

et al. (2012) realizaram uma revisão de meta-análises sobre o desempenho de bovinos em confinamento, contendo em sua dieta a monensina, e observaram que a ingestão de matéria seca foi reduzida em 3,1%, ganho médio diário aumentou em 2,5% e, por consequência, a eficiência alimentar melhorou em 1,3%. Estes resultados são semelhantes aos observados por Goodrich et al. (1984), onde o ganho médio diário aumentou em 1,6% e a ingestão de alimentos foi reduzida em 6,4%.

**Tabela 2** Resposta de sensibilidade de bactérias ruminais a ionóforos

<b>Produtos de fermentação e espécies</b>	<b>Reação do tipo Gram</b>	<b>Sensibilidade aos ionóforos</b>
<b>Produtores de hidrogênio e ácido fórmico</b>		
<i>Lachnospira multiparus</i>	Gram <sup>+</sup>	Insensível
<i>Lachnospira multiparus</i>	Gram <sup>+</sup>	Insensível
<i>Ruminococcus flavefaciens</i>	Gram <sup>+</sup>	Insensível
<b>Produtores de ácido butírico</b>		
<i>Butyivibrio fibrisolvens</i>	Gram <sup>+</sup>	Insensível
<i>Eubacterium cellulosolvens</i>	Gram <sup>+</sup>	Sensível
<i>Eubacterium ruminantium</i>	Gram <sup>+</sup>	Sensível
<b>Produtores de ácido láctico</b>		
<i>Lactobacillus ruminis</i>	Gram <sup>+</sup>	Sensível
<i>Lactobacillus viulinis</i>	Gram <sup>+</sup>	Sensível
<i>Streptococcus bovis</i>	Gram <sup>+</sup>	Sensível
<b>Produtores de ácido propiônico e succínico</b>		
<i>Anaerovibrio lipolytica</i>	Gram <sup>-</sup>	Insensível
<i>Fibrobacter succinogenes</i>	Gram <sup>-</sup>	Insensível
<i>Megasphaera elsdenii</i>	Gram <sup>-</sup>	Insensível
<i>Prevotella ruminicola</i>	Gram <sup>-</sup>	Insensível
<i>Ruminobacter amylophilus</i>	Gram <sup>-</sup>	Insensível
<i>Selenomonas ruminantium</i>	Gram <sup>-</sup>	Insensível
<i>Succinimonas amylolytica</i>	Gram <sup>-</sup>	Insensível
<i>Succinimonas amylolytica</i>	Gram <sup>-</sup>	Insensível
<i>Succinivibrio dextrinosolvens</i>	Gram <sup>-</sup>	Insensível
<b>Produtores de amônia</b>		
<i>Clostridium aminophilum</i>	Gram <sup>+</sup>	Sensível

<i>Clostridium sticklandii</i>	Gram <sup>+</sup>	Sensível
<i>Peptostreptococcus anaerobius</i>	Gram <sup>+</sup>	Sensível

---

**Produtoras de metano**

---

<i>Methanobrevibacter ruminantium</i>	Gram <sup>+</sup>	Insensível
<i>Metanobacterium formicum</i>	Gram <sup>+</sup>	Insensível
<i>Methanosarcina barkeri</i>	Gram <sup>+</sup>	Insensível

---

**Fonte:** Adaptado de Chen & Wolin (1979), Russell (1987), Nagaraja (1995), Russell & Houlihan (2003).

Apesar dos bons resultados observados desde o início dos ionóforos na alimentação animal (década de 1970), nos últimos 50 anos, o melhoramento na eficiência alimentar foi reduzido de 8,1% para 3,5%. Essa redução está diretamente relacionada ao melhoramento no manejo dos animais, nas instalações, na nutrição e nos cuidados à saúde animal. Ainda, pode-se evidenciar que outros fatores influenciam o desempenho animal como, por exemplo, tempo de confinamento, tipo de ionóforo, dose de ionóforo, peso vivo dos animais, razão volumoso e concentrado, espécie de grão usado, raça dos animais, clima, ganho esperado, entre outros (Duffield et al., 2012; Golder & Lean, 2016; Marques & Cooke, 2021). Como exemplo, Golder & Lean (2016) observaram que animais com peso vivo inicial com menos de 275 kg e alimentados durante 100 dias ou menos apresentaram maior ganho de peso, quando suplementados com lasalocida. Por outro lado, animais com mais de 275 kg de peso vivo alimentados por mais de 100 dias apresentaram um ganho em peso vivo menor do que os animais mais leves. Bretschneider et al.(2008), outro exemplo, observaram um efeito quadrático das doses de monensina e lasalocida sobre o ganho em peso em bovinos alimentados com dietas de alta forragem.

Deste modo, o efeito dos ionóforos depende, também, da qualidade do alimento fornecido: alta forragem ou alto concentrado. Em caso particular, Limede et al. (2021) observaram um aumento de 14,8% no ganho médio diário com a suplementação de narasina em bovinos alimentados por um longo período (140 dias) com dieta de alta-forragem. Do mesmo modo, Beck et al. (2016), também, observaram que a adição de monensina e lasalocida aumentou o desempenho de novilhos recebendo dieta a base de milho e terminados em pastagem. Por outro lado, bovinos terminados em confinamento e alimentados com dietas de alto concentrado apresentam maior ganho de peso vivo em função do aumento de dosagem, mas reduz a ingestão de alimentos conforme meta-análises realizadas por Duffield et al. (2012) e Marques & Cooke (2021).

No entanto, em outras análises de meta dados realizadas por Golder & Lean (2016) a suplementação de 40 g/dia de lasalocida aumentou o ganho médio diário, melhorou a eficiência alimentar, mas não teve efeito na ingestão de matéria seca em bovinos em confinamento. A adição de ionóforos às dietas (alto-concentrado ou alta-forragem) na alimentação de ruminantes tem efeito benéfico sobre o desempenho e eficiência alimentar dos ruminantes. Assim, os técnicos que atuam na área de nutrição de ruminantes devem levar em consideração as particularidades e alternativas na área, para ter uma resposta positiva dos animais.

## *2.2 Ionóforos e modulação ruminal*

Está bem documentado na literatura de que a adição de ionóforos na dieta de ruminantes aumenta o desempenho animal e melhora a eficiência alimentar (Duffield et al., 2008, 2012) pela modulação do microbioma e consequentemente na fermentação ruminal, determinados pela eficiência do metabolismo de energia e nitrogênio (Azzaz et al., 2015; Tedeschi et al., 2003). Como mencionado anteriormente, os ionóforos comercializados na área de nutrição animal têm um efeito similar de modo de ação no rúmen, os efeitos sobre o desempenho animal e eficiência alimentar variam em função do ionóforo, da dosagem, do animal e da dieta (Azzaz et al., 2015; Bretschneider et al., 2008; Duffield et al., 2012; Tedeschi et al., 2003).

Dietas utilizadas em confinamento, com alto conteúdo de carboidratos rapidamente degradados (aveia, centeio, farelo de arroz, farelo de trigo, coprodutos da mandioca), os ionóforos, de modo geral, melhoram a eficiência alimentar, aumentam o ganho de peso corporal e reduzir a ingestão de matéria seca (Azzaz et al., 2015; Bretschneider et al., 2008; Duffield et al., 2012; Tedeschi et al., 2003). Do mesmo modo, tem sido observado que a inclusão de ionóforos em dietas à base de forragem aumenta o ganho dos bovinos e melhora a eficiência alimentar, mas com ingestão de ração semelhante ou aumentada (Bretschneider et al., 2008; Limede et al., 2021; Polizel et al., 2021; Soares et al., 2021).

Os efeitos dos ionóforos sobre o consumo de matéria seca depende da qualidade do alimento ingerido pelo animal que pode afetar a alterar a taxa de passagem e, por consequência, o enchimento gastrintestinal. Os efeitos dos ionóforos sobre o desempenho animal é uma resposta às alterações na microbiota ruminal e nas vias de fermentação. Aproximadamente, 75 a 85% da energia derivada da ração na dieta é convertida em ácidos graxos voláteis (ácido acético, propiônico, butírico, valérico, entre outros). E o que não é

convertido à ácidos graxos voláteis é perdido como calor e metano (Jones et al., 2011; Sutton, 1979).

De modo geral, com dieta à base de forragem, as proporções ruminais de acetato, propionato e butirato são, geralmente 70:20:10, com uma razão acetato:propionato de 3:1. No entanto, com dieta a base de grãos, a proporção ruminal destes ácidos graxos voláteis é, geralmente de 50:40:10, com uma razão de acetato:propionato é de 2:1 (Wolin & Miller, 2006). Os AGV são utilizados de maneira eficiente pelo ruminante. O ácido propiônico é precursor para a síntese de glicose e representa entre 27 a 54%, dependendo da dieta, da glicose total sintetizada pelo fígado, e por esta razão, é considerado o ácido graxo volátil mais importante produzido no rúmen (Huntington, 1997). Além disso, o propionato é um sequestrador de hidrogênio. Todavia, a rota de produção do acetato e do butirato gera hidrogênio. O hidrogênio é o principal substrato para a formação do metano no rúmen (Ellis et al., 2012; Huntington, 1997). O metano, na verdade, representa uma perda de energia para o ruminante. Essas perdas podem variar de 2% a 12% da ingestão da energia ingerida (Ellis et al., 2012; Jones et al., 2011).

Desta forma, modular a fermentação ruminal com uso de ionóforos para aumentar as concentrações de ácido propiônico no rúmen está correlacionado de forma positiva com uma maior utilização de energia e, por consequência, melhora no desempenho e eficiência alimentar (Azzaz et al., 2015; Bretschneider et al., 2008; McGuffey et al., 2001; Russell & Strobel, 1989; Weimer et al., 2008). Além disso, a elevação dos níveis de ácido propiônico mitiga a produção de metano, desta forma, otimizando a eficiência energética (Azzaz et al., 2015; Bretschneider et al., 2008; Ellis et al., 2012; Golder & Lean, 2016; Wolin & Miller, 2006).

Ellis et al. (2012) observaram um aumento na concentração de ácido propiônico no rúmen com aumento na dose de monensina na dieta de bovinos terminados em confinamento. Golder & Lean (2016) publicaram uma análise de metadados sobre a composição química dos ácidos graxos de cadeia curta no rúmen de bovinos de corte alimentados com uma dieta e concluíram que a lasalocida aumentou a concentração de ácido propiônico em 4,6% e reduziu o ácido acético em 3,2%. Da mesma forma, Polizel et al. (2020) e Limede et al. (2021) relataram um aumento na concentração de ácido propiônico no rúmen e uma redução da razão ácido acético e ácido propiônico em bovinos de corte alimentados com uma dieta à base de forragem e suplementada com narasina. Bell et al. (2017) observaram com uma suplementação de dieta à base de feno de capim Bermuda com monensina fornecida para

novilhos de corte aumentou a concentração de ácido propiônico (10,4%) e reduziu o ácido acético (1,7%). Os dados aqui apresentados confirmam que a eficiência energética é otimizada devido ao aumento da concentração de ácido propiônico no rúmen em animais alimentados com dietas suplementadas com ionóforos.

A densidade energética da dieta é um dos fatores que determina as diferenças observadas no desempenho animal e modulação ruminal, com a inclusão de ionóforos em dietas à base de forragem ou grãos (Bretschneider et al., 2008; Duffield et al., 2012; Golder & Lean, 2016; Goodrich et al., 1984). Goodrich et al. (1984) sugeriram que a densidade ótima de energia na dieta seria de 2,9 Mcal de energia metabolizável por kg de matéria seca, para a inclusão de monensina sódica. No entanto, quando a energia da dieta é inferior ou superior a este nível, o desempenho animal e a resposta à alimentação podem ser reduzidos.

Uma melhora energética da fermentação ruminal causada por ionóforos foi publicada na edição do NRC de 1994 e confirmada na edição de 2016 (NRC, 2016). O NRC indica que a eficiência da energia metabolizável aumenta de 2,3% a 1,5% quando as dietas são suplementadas com monensina ou lasalocida na dieta de bovinos de corte. Rogers & Davis (1982) observaram que o total da energia produzida no rúmen por quilograma de matéria seca ingerida por novilhos alimentados com uma dieta de 50% de silagem de milho e 50% de concentrado foi aumentada de 0,852 Mcal/kg de matéria seca para novilhos controle para 1,137 Mcal/kg de matéria seca para novilhos alimentados com dieta suplementada com monensina, representando um aumento de 33% na energia ruminal digestível.

Duffield et al. (2008) afirmaram que a suplementação de monensina em dieta para vacas leiteiras reduziu as concentrações sanguíneas de beta hidróxido butirato, aceto acetato e ácidos graxos não esterificados e aumentou as concentrações sanguíneas de glicose. Esses resultados apontam para uma melhora no estado energético de vacas leiteiras alimentadas com dietas suplementadas com monensina.

As explicações sobre os principais mecanismos de ação dos ionóforos têm sido um grande desafio para os pesquisadores (Weimer et al., 2008). Callaway et al. (1999) observaram que a bactéria *Butyrivibrio fibrosolvens* é uma importante produtora de acetato e butirato. Desta forma, a habilidade da monensina inibir as bactérias deste gênero pode melhorar a eficiência de da via de fermentação do ácido propiônico. Schären et al. (2017) verificaram que a suplementação com monensina na deita de vacas leiteiras reduziu a população de bactérias produtoras moderadas ou não moderadas de ácido propiônico. Esse



estudo mostrou um aumento nas concentrações de succinato e das bactérias produtoras de ácido propiônico (família das *Prevotellas* e *Ruminococcaceae*). Na verdade, o succinato é convertido em ácido propiônico pela bactérias ruminais (Koike & Kobayashi, 2009), o que poderia explicar, em parte, como a ação dos ionóforos modifica a modulação ruminal.

Por outro lado, os ionóforos têm atividade inibitória sobre a metanogênese (Morgavi et al., 2010). Neste processo, ocorre uma redução da disponibilidade de hidrogênio e formato. Esses compostos são básicos e necessários para ação das bactérias metanogênicas. Appuhamy et al. (2013), em uma revisão de meta-análises, concluíram que a inclusão de monensina na dieta de vacas leiteiras e bovinos de corte ruminantes reduziu a produção de metano de 2 a 15%.

Schären et al. (2017) não observaram mudanças na população de bactérias metanogênicas no rúmen em animais suplementados com monensina, mostrando que o desbalanço da razão de ácido propiônico e ácido acético mediado pelos ionóforos diminui os substratos disponíveis para o crescimento da população das bactérias metanogênicas. Desta forma, diminui as concentrações de metano no rúmen. Ainda, outra via que poderia explicar, em parte, a redução na produção de metano é o aumento da população de espécies de bactérias que competem pelo hidrogênio (Morvan et al., 1996) ou uma redução na produção de hidrogênio pela inibição da população de protozoários (Russell & Strobel, 1989).

### *2.3 Ionóforos e metabolismo do nitrogênio no rúmen*

Nos ruminantes, as degradações das proteínas e dos aminoácidos no rúmen, do ponto de vista nutricional, são processos sem eficiência que, na maioria das vezes, produzem mais amônia do que as bactérias podem usar (Yang & Russell, 1993). Vários trabalhos mostraram que os efeitos da adição de ionóforos na dieta de ruminantes sobre o desempenho animal e a eficiência alimentar foram determinados pelas alterações na microbiota ruminal e na dinâmica da modulação ruminal (Bretschneider et al., 2008; Duffield et al., 2012; Ellis et al., 2012). Por outro lado, Chalupa et al. (1980) demonstraram que um determinado efeito positivo sobre o desempenho animal e a eficiência alimentar devido à inclusão de ionóforos na dieta de ruminantes são resultantes da redução da proteólise, e ao acúmulo de amônia e nitrogênio microbiano (Chen & Russell, 1991; Goodrich et al., 1984; Haïmoud et al., 1995; Whetstone et al., 1981; Yang & Russell, 1993). Em razão deste processo, uma maior parte da porção nitrogenada fornecida nas dietas entra no abomaso e intestino delgado em ruminantes

alimentados com dietas suplementadas com ionóforos (Faulkner et al., 1985; Muntifering et al., 1981).

Muntifering et al. (1981) verificaram que a inclusão de monensina na dieta de ruminantes reduz a produção de nitrogênio bacteriano e aumenta a contribuição do nitrogênio não degradado no rúmen para o nitrogênio total para o abomaso. Faulkner et al. (1985) também observaram que o nível de suplementação de monensina reduziu de forma quadrática as concentrações de proteína bacteriana ruminal, mas aumentou a dieta ruminal conforme aumentou o teor de nitrogênio da dieta. Segundo Russell et al. (1988), os ionóforos inibem a produção de duas espécies de microrganismos (*Peptostreptococcus* e *Clostridium*), que produzem amônia no rúmen. Estas espécies de bactérias são Gram-positivas e não resistentes aos ionóforos. Para seu crescimento necessitam de fontes de aminoácidos. Os ionóforos, de modo geral, dietéticos impedem o crescimento destas bactérias no rúmen e, assim, inibem a deaminação das proteínas provenientes das dietas (Paster et al., 1993; Russell et al., 1988).

Yang & Russell (1993) observaram que a redução dos níveis de amônia no rúmen, em razão do uso de ionóforos na dieta, estavam relacionados há uma redução (10 vezes) na população de bactérias do rúmen que usam os aminoácidos e os peptídeos como fonte de energia para crescimento. Por outro lado, Golder & Lean (2016) em uma análise de metadados relataram que a inclusão de lasalocida nas dietas de bovinos de corte aumentou os dryníveis de amônia. Polizel et al. (2020) observaram que a inclusão de narasina às dietas de bovinos de corte alimentados com forragem, por um período de 140 dias, reduziu os níveis de amônia no rúmen (32%) em comparação com os níveis observados no líquido ruminal dos animais não suplementados.

Da mesma forma, Soares et al. (2021) observaram que a adição de narasina à dieta de bovinos confinados reduziu (22-27%) os níveis de amônia no rúmen em comparação com novilhos alimentados com uma dieta sem adição de narasina. Assim, as alterações provocadas pela inclusão de ionóforos às dietas dos ruminantes aumenta os teores de aminoácidos e peptídeos no líquido ruminal e, em consequência, como uma redução nos níveis de amônia neste meio.

Em conclusão, a adição de ionóforos nas dietas de ruminantes reduz a degradação dos compostos nitrogenados no rúmen e, deste modo, aumenta quantidade destes compostos para o abomaso e trato gastrintestinal inferior. Essa alteração nas vias metabólicas poderia

explicar, pelo menos em parte, o aumento no desempenho animal e a melhora na eficiência alimentar com dietas suplementadas com ionóforos.

## REFERÊNCIAS

- ANUALPEC. (2021). *Anuário da Pecuária Brasileira* (20th ed., Vol. 1). Instituto FNP.
- Appuhamy, R. N. J. A. D., Strathe, A. B., Jayasundara, S., Wagner-Riddle, C., Dijkstra, J., France, J., & Kebreab, E. (2013). Anti-methanogenic effects of monensin in dairy and beef cattle: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, *96*(8), 5161–5173. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5923>
- Assis, R. G., Biava, J. S., Polizel, D. M., Souza, T. T., Sturion, T. U., Pires, A. V., Relling, A. E., & Ferreira, E. M. (2020). Use of narasin in diets for lactating ewes. *Small Ruminant Research*, *187*, 106108. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106108>.
- Azzaz, H. H., Murad, H. A., & Morsy, T. A. (2015). Utility of ionophores for ruminant animals: a review. *Asian Journal of Animal Sciences*, *9*(6), 254–265. <https://doi.org/10.3923/ajas.2015.254.265>.
- Beck, P., Galyen, W., Galloway, D., Kegley, E. B., Rorie, R., Hubbell, D., Tucker, J., Hess, T., Cravey, M., & Hill, J. (2016). Effect of supplementation of developing replacement heifers with monensin or bambamycin on gain and pregnancy rates. *The Professional Animal Scientist*, *32*(5), 619–626. <https://doi.org/10.15232/pas.2016-01525>.
- Bell, N. L., Anderson, R. C., Callaway, T. R., Franco, M. O., Sawyer, J. E., & Wickersham, T. A. (2017). Effect of monensin inclusion on intake, digestion, and ruminal fermentation parameters by *Bos taurus indicus* and *Bos taurus taurus* steers consuming bermudagrass hay. *Journal of Animal Science*, *95*(6), 2736–2746. <https://doi.org/10.2527/jas2016.1013>.
- Berg, D. H., & Hamill, R. L. (1978). The isolation and characterization of narasin, a new polyether antibiotic. *The Journal of Antibiotics*, *31*(1), 1–6. <https://doi.org/10.7164/antibiotics.31.1>.
- Bonin, E., Carvalho, V. M., Avila, V. D., Santos, N. C. A., Zanqueta, É. B., Lanchero, C. A. C., Previdelli, I. T. S., Nakamura, T. U., Abreu Filho, B. Al, & Prado, I. N. (2020). *Baccharis dracunculifolia*: Chemical constituents, cytotoxicity and antimicrobial activity. *LWT - Food Science and Technology*, *120*(108920), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108920>.

- Booth, I. R. (1985). Regulation of cytoplasmic pH in bacteria. *Microbiological Reviews*, 49(4), 359–378. <https://doi.org/10.1128/membr.49.4.359-378.1985>.
- Bretschneider, G. (2005). Effects of age and method of castration on performance and stress response of beef male cattle: A review. *Livestock Production Science*, 97(2), 89–100.
- Bretschneider, G., Elizalde, J. C., & Pérez, F. A. (2008). The effect of feeding antibiotic growth promoters on the performance of beef cattle consuming forage-based diets: A review. *Livestock Science*, 114(2–3), 135–149. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.12.017>.
- Broadway, P. R., Carroll, J. A., & Sanchez, N. C. B. (2015). Live yeast and yeast cell wall supplements enhance immune function and performance in food-producing livestock: a review. *Microorganisms*, 3(3), 417–427. <https://doi.org/10.3390/microorganisms3030417>.
- Callaway, T. R., Adams, K. A., & Russell, J. B. (1999). The ability of “low G+ C gram-positive” ruminal bacteria to resist monensin and counteract potassium depletion. *Current Microbiology*, 39(4), 226–230. <https://doi.org/10.1007/s002849900449>.
- Chalupa, W., Corbett, W., & Brethour, J. R. (1980). Effects of monensin and ampicillin on rumen fermentation. *Journal of Animal Science*, 51(1), 170–179.
- Chen, G. J., & Russell, J. B. (1991). Effect of monensin and a protonophore on protein degradation, peptide accumulation, and deamination by mixed ruminal microorganisms in vitro. *Journal of Animal Science*, 69(5), 2196–2203.
- Chen, M., & Wolin, M. J. (1979). Effect of monensin and lasalocid-sodium on the growth of methanogenic and rumen saccharolytic bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 38(1), 72–77.
- Cheng, K. J., & Costerton, J. W. (1977). Ultrastructure of *Butyrivibrio fibrisolvens*: a gram-positive bacterium. *Journal of Bacteriology*, 129(3), 1506–1512. <https://doi.org/10.1128/jb.129.3.1506-1512.1977>.
- Darden, D. E., Merchen, N. R., & Berger, L. L. (1985). Effects of avoparcin, lasalocid and monensin on sites of nutrient digestion in beef steers. *Nutrition Reports International*, 31(4), 979–989.
- Dennis, S. M., Nagaraja, T. G., & Bartley, E. E. (1981). Effect of lasalocid or monensin on lactate production from in vitro rumen fermentation of various carbohydrates. *Journal of*

- Dairy Science*, 64(12), 2350–2356. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(81\)82857-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82857-3).
- Dinius, D. A., Simpson, M. E., & Marsh, P. B. (1976). Effect of monensin fed with forage on digestion and the ruminal ecosystem of steers. *Journal of Animal Science*, 42(1), 229–234. <https://doi.org/10.2527/jas1976.421229x>.
- Duffield, T. F., Merrill, J. K., & Bagg, R. N. (2012). Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. *Journal of Animal Science*, 90(12), 4583–4592. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-5018>.
- Duffield, T. F., Rabiee, A. R., & Lean, I. J. (2008). A meta-analysis of the impact of monensin in lactating dairy cattle. Part 2. Production effects. *Journal of Dairy Science*, 91(4), 1347–1360. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0801>.
- Ellis, J. L., Dijkstra, J., Bannink, A., Kebreab, E., Hook, S. E., Archibeque, S., & France, J. (2012). Quantifying the effect of monensin dose on the rumen volatile fatty acid profile in high-grain-fed beef cattle. *Journal of Animal Science*, 90(8), 2717–2726. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-3966>.
- Ensley, S. (2020). Ionophore use and toxicosis in cattle. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 36(3), 641–652. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2020.07.001>.
- Eugène, M., Massé, D., Chiquette, J., & Benchaar, C. (2008). Meta-analysis on the effects of lipid supplementation on methane production in lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 88(2), 331–334. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-53549131715&partnerID=40&md5=d2d9a70a89a52a33f66698e1d68631fd>
- Faulkner, D. B., Klopfenstein, T. J., Trotter, T. N., & Britton, R. A. (1985). Moneimsin effects on digestibility, ruminal protein escape and microbial protein synthesis on high-fiber diets. *Journal of Animal Science*, 61(3), 654–660. <https://doi.org/10.2527/jas1985.613654x>.
- Frizzo, A., Rocha, M. G. D., Restle, J., Freitas, M. R., Biscaíno, G., & Pilau, A. (2003). Produção de forragem e retorno econômico da pastagem de aveia e azevém sob pastejo com bezerras de corte submetidas a níveis de suplementação energética. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(3), 632–642. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-2342582746&partnerID=40&md5=6197718a0b994f653a116dc54056dc54>
- Fugita, C. A., Prado, R. M., Valero, M. V., Bonafé, E. G., Carvalho, C. B., Guerrero, A.,

- Sañundo, C., & Prado, I. N. (2018). Effect of the inclusion of natural additives on animal performance and meat quality of crossbred bulls (Angus vs. Nellore) finished in feedlot. *Animal Production Science*, 58(11), 2076–2083. <https://doi.org/10.1071/AN16242>.
- Golder, H. M., & Lean, I. J. (2016). A meta-analysis of lasalocid effects on rumen measures, beef and dairy performance, and carcass traits in cattle. *Journal of Animal Science*, 94(1), 306–326. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9694>.
- Goodrich, R. D., Garrett, J. E., Gast, D. R., Kirick, M. A., Larson, D. A., & Meiske, J. C. (1984). Influence of monensin on the performance of cattle. *Journal of Animal Science*, 58(6), 1484–1498. <https://doi.org/10.2527/jas1984.5861484x>.
- Haimoud, D. A., Vernay, M., Bayourthe, C., & Moncoulon, R. (1995). Avoparcin and monensin effects on the digestion of nutrients in dairy cows fed a mixed diet. *Canadian Journal of Animal Science*, 75(3), 379–385. <https://doi.org/10.4141/cjas95-057>
- Huntington, G. B. (1997). Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *Journal of Animal Science*, 75(3), 852–867. <https://doi.org/10.2527/1997.753852x>.
- Jones, F. M., Phillips, F. A., Naylor, T., & Mercer, N. B. (2011). Methane emissions from grazing Angus beef cows selected for divergent residual feed intake. *Animal Feed Science and Technology*, 166–167(0), 302–307. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.020>
- Kim, M., Eastridge, M. L., & Yu, Z. (2014). Investigation of ruminal bacterial diversity in dairy cattle fed supplementary monensin alone and in combination with fat, using pyrosequencing analysis. *Canadian Journal of Microbiology*, 60(2), 65–71. <https://doi.org/10.1139/cjm-2013-0746>.
- Kim, Minseok, Felix, T. L., Loerch, S. C., & Yu, Z. (2014). Effect of haylage and monensin supplementation on ruminal bacterial communities of feedlot cattle. *Current Microbiology*, 69(2), 169–175. <https://doi.org/10.1007/s00284-014-0564-1>.
- Koike, S., & Kobayashi, Y. (2009). Fibrolytic rumen bacteria: their ecology and functions. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(1), 131–138. <https://doi.org/10.5713/ajas.2009.r.01>.
- Limede, A. C., Marques, R. S., Polizel, D. M., Cappellozza, B. I., Miszura, A. A., Barroso, J. P. R., Martins, A. S., Sardinha, L. A., Baggio, M., & Pires, A. V. (2021). Effects of supplementation with narasin, salinomycin, or flavomycin on performance and ruminal

- fermentation characteristics of *Bos indicus* Nellore cattle fed with forage-based diets. *Journal of Animal Science*, 99(4), skab005. <https://doi.org/10.1093/jas/askab005>.
- Marques, R. S., & Cooke, R. F. (2021). Effects of ionophores on ruminal function of beef cattle. *Animals*, 11(10), 2871. <https://doi.org/10.3390/ani11102871>.
- McGuffey, R. K., Richardson, L. F., & Wilkinson, J. I. D. (2001). Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. *Journal of Dairy Science*, 84, E194–E203. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(01\)70218-4](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(01)70218-4).
- Moreira, F. B., Mizubuti, I. Y., Prado, I. N., Matsushita, M., Matsubara, M. T., & Dognani, R. (2008). Protein and mineral supplementation for calves grazing a Mombaça pasture during the winter. *Semina: Ciências Agrárias*, 29(1). <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2008v29n1p203>.
- Moreira, F. B., Prado, I. N., Cecato, U., & Evelázio, N. (2003). Suplementação com sal mineral proteinado para bovinos de corte mantidos em pastagem de estrela roxa no final do verão. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 25(1), 185–191. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v25i1.2145>.
- Morgavi, D. P., Forano, E., Martin, C., & Newbold, C. J. (2010). Microbial ecosystem and methanogenesis in ruminants. *Animal*, 4(7), 1024–1036.
- Morvan, B., Bonnemoy, F., Fonty, G., & Gouet, P. (1996). Quantitative determination of H<sub>2</sub>-utilizing acetogenic and sulfate-reducing bacteria and methanogenic archaea from digestive tract of different mammals. *Current Microbiology*, 32(3), 129–133. <https://doi.org/10.1007/s002849900023>.
- Mottin, C., Catalano, F. A. R., Chefer, D. M., Araújo, F. L., Carvalho, V. M., Guerrero, A., Ornaghi, M. G., Souza, K. A., Castilho, R. A., & Prado, I. N. (2020). Effect of essential and vegetable oil blend supplementation on animal performance, feed intake, rumen fermentation and rumen microbial populations of crossbred steers finished in a pasture system. *Research, Society and Development*, 9(9), e738998057–e738998057. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.8057>.
- Muntifering, R. B., Theurer, B., & Noon, T. H. (1981). Effects of monensin on site and extent of whole corn digestion and bacterial protein synthesis in beef steers. *Journal of Animal Science*, 53(6), 1565–1573. <https://doi.org/10.2527/jas1982.5361565x>.
- Nagaraja, T. G. (1995). Ionophores and antibiotics in ruminants. *Biotechnology in Animal*



- Feeds and Animal Feeding*, 174, 173–204. <https://doi.org/10.1002/9783527615353.ch9>.
- Nagaraja, T. G., & Lechtenberg, K. F. (2007). Acidosis in feedlot cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23(2), 333–350. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.04.002>.
- Nagaraja, T. G., Taylor, M. B., Harmon, D. L., & Boyer, J. E. (1987). In vitro lactic acid inhibition and alterations in volatile fatty acid production by antimicrobial feed additives. *Journal of Animal Science*, 65(4), 1064–1076.
- NRC. (2016). *Nutrient Requirements of Beef Cattle, 8th Revised Edition*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/19014>
- Oliveira, G. B., Polizel, D. M., Bertoloni, A. V, Ferraz, M. V. C., Miszura, A. A., Barroso, J. P. R., Martins, A. S., Pasqualino, L. F., Biava, J. S., & Ferreira, E. M. (2022). Frequency of narasin intake affects ruminal metabolism and growth of lambs. *Animal Production Science*. <https://doi.org/10.1071/AN20418>.
- Ornaghi, M. G., Guerrero, A., Vital, A. C. P., Souza, K. A., Passetti, R. A. C., Mottin, C., Castilho, R. C., Sañudo, C., & Prado, I. N. (2020). Improvements in the quality of meat from beef cattle fed natural additives. *Meat Science*, 163, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108059>.
- Ornaghi, M. G., Passetti, R. A. C., Torrecilhas, J. A., Mottin, C., Vital, A. C. P., Guerrero, A., Sañudo, C., Campo, M. M., & Prado, I. N. (2017). Essential oils in the diet of young bulls: Effect on animal performance, digestibility, temperament, feeding behaviour and carcass characteristics. *Animal Feed Science and Technology*, 234, 274–283. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.10.008>.
- Ovchinnikov, Y. A. (1979). Physico-chemical basis of ion transport through biological membranes: ionophores and ion channels. *European Journal of Biochemistry*, 94(2), 321–336. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1979.tb12898.x>.
- Painter, G. R., Pollack, R., & Pressman, B. C. (1982). Conformational dynamics of the carboxylic ionophore lasalocid A underlying cation complexation-decomplexation and membrane transport. *Biochemistry*, 21(22), 5613–5620. <https://doi.org/10.1021/bi00265a035>.
- Pasqualino, L. F., Oliveira, G. B., Miszura, A. A., Barroso, J. P. R., Limede, A. C., Sardinha, L. A., Biava, J. S., Ferreira, E. M., Pires, A. V., & Polizel, D. M. (2020). Residual effect

- of narasin on ruminal fermentation characteristics in lambs. *Livestock Science*, 240, 104141. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104141>.
- Paster, B. J., Russell, J. B., Yang, C. M. J., Chow, J. M., Woese, C. R., & Tanner, R. (1993). Phylogeny of the ammonia-producing ruminal bacteria *Peptostreptococcus anaerobius*, *Clostridium sticklandii*, and *Clostridium aminophilum* sp. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 43(1), 107–110. <https://doi.org/10.1099/00207713-43-1-107>.
- Polizel, Daniel M, Cappelozza, B. I., Hoe, F., Lopes, C. N., Barroso, J. P., Miszura, A., Oliveira, G. B., Gobato, L., & Pires, A. V. (2020). Effects of narasin supplementation on dry matter intake and rumen fermentation characteristics of *Bos indicus* steers fed a high-forage diet. *Translational Animal Science*, 4(1), 118–128. <https://doi.org/10.1093/TAS/TXZ164>.
- Polizel, Daniel Montanher, Marques, S. S., Westphalen, M. F., Gouvea, V. N., Ferraz Júnior, M. V. C., Miszura, A. A., Barroso, J. P. R., Limede, A. C., Ferreira, E. M., & Pires, A. V. (2020). Narasin inclusion for feedlot lambs fed a diet containing high amounts of ground flint corn. *Scientia Agricola*, 78(6), 1–8. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2020-0010>.
- Polizel, Daniel Montanher, Sardinha, L. A., Limede, A. C., Miszura, A. A., Barroso, J. P. R., Sturion, T. U., Soares, L. C. B., Marques, R. S., Biava, J. S., & Ferraz Júnior, M. V. C. (2021). Effect of narasin supplementation on performance of lambs fed high-forage diets. *Small Ruminant Research*, 205, 106549. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106549>.
- Pressman, B. C. (1976). Biological applications of ionophores. *Annual Review of Biochemistry*, 45(1), 501–530. <https://doi.org/10.1146/annurev.bi.45.070176.002441>.
- Richardson, L. F., Raun, A. P., Potter, E. L., Cooley, C. O., & Rathmacher, R. P. (1976). Effect of monensin on rumen fermentation in vitro and in vivo. *Journal of Animal Science*, 43(3), 657–664. <https://doi.org/https://doi.org/10.2527/jas1976.433657x>.
- Rigueiro, A. L. N., Pereira, M. C. S., Squizatti, M. M., Ferreira, M. M., Dondé, S. C., Luiz, F. P., Silvestre, A. M., Muller, L. R., Garcia, C. P., Bueno, A. P. D., Toledo, L. V., Estevam, D. D., Martins, C. L., Arrigoni, M. D. B., & Millen, D. D. (2020). Different combinations of sodium monensin and virginiamycin during feedlot finishing of Nellore cattle. *Animal Production Science*, 60(8), 1061–1072. <https://doi.org/10.1071/AN18657>.

- Rodrigues, A. M., Cecato, U., Fukumoto, N. M., Galbeiro, S., Santos, G. T., & Barbero, L. M. (2008). Irrigação e adubação nitrogenada em três gramíneas forrageiras no Meio-Norte do Brasil. *Revista Ciência Agronômica*, 36(3), 274–278. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-45849088039&partnerID=40&md5=959b991cd5e53af5da337095324dfa35>
- Rogers, J. A., & Davis, C. L. (1982). Rumen volatile fatty acid production and nutrient utilization in steers fed a diet supplemented with sodium bicarbonate and monensin. *Journal of Dairy Science*, 65(6), 944–952.
- Rogers, M., Jouany, J. P., Thivend, P., & Fontenot, J. P. (1997). The effects of short-term and long-term monensin supplementation, and its subsequent withdrawal on digestion in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 65(1–4), 113–127. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(96\)01089-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(96)01089-9).
- Rotta, P. P., Prado, R. M., Prado, I. N., Valero, M. V., Visentainer, J. V., & Silva, R. R. (2009). The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(12), 1718–1734. <https://doi.org/10.5713/ajas.2009.90071>.
- Russell, J B, & Houlihan, A. J. (2003). Ionophore resistance of ruminal bacteria and its potential impact on human health. *FEMS Microbiology Reviews*, 27(1), 65–74. [https://doi.org/10.1016/S0168-6445\(03\)00019-6](https://doi.org/10.1016/S0168-6445(03)00019-6).
- Russell, J B, & Strobel, H. J. (1989). Effect of ionophores on ruminal fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 55(1), 1–6. <https://doi.org/10.1128/aem.55.1.1-6.1989>.
- Russell, J B, Strobel, H. J., & Chen, G. J. (1988). Enrichment and isolation of a ruminal bacterium with a very high specific activity of ammonia production. *Applied and Environmental Microbiology*, 54(4), 872–877. <https://doi.org/10.1128/aem.54.4.872-877.1988>.
- Russell, James B. (1987). A proposed mechanism of monensin action in inhibiting ruminant bacterial growth: Effects on ion flux and protonmotive force. *Journal of Animal Science*, 64(5), 1519–1525. <https://doi.org/10.2527/jas1987.6451519x>.
- Schären, M., Drong, C., Kiri, K., Riede, S., Gardener, M., Meyer, U., Hummel, J., Urich, T., Breves, G., & Dänicke, S. (2017). Differential effects of monensin and a blend of

- essential oils on rumen microbiota composition of transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *100*(4), 2765–2783. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11994>.
- Shurson, G. C. (2018). Yeast and yeast derivatives in feed additives and ingredients: Sources, characteristics, animal responses, and quantification methods. *Animal Feed Science and Technology*, *235*(June 2017), 60–76. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.11.010>.
- Silva, R. R., Prado, I. N., Carvalho, G. G. P., Silva, F. F., Santana Junior, H. A., Souza, D. R., Dias, D. L. S., Pereira, M. M., Marques, J. A., & Paixão, M. L. (2010). Novilhos nelore suplementados em pastagens: consumo, desempenho e digestibilidade. *Archivos de Zootecnia*, *59*(228), 549–560. <https://doi.org/10.21071/az.v59i228.4710>.
- Soares, B. D., Santos Duarte, D., & Santos, T. H. R. S. (2021). Pesquisa de fungos em lesões de cascos de *Trachemys* sp. do biotério do centro universitário fundação Santo André Search for funguses in cast lesions of *Trachemys* sp. from the biotary of the Santo André foundation university center. *Brazilian Journal of Development*, *7*(7), 70076–70083.
- Soares, L. C. B., Marques, R. S., Vaz Pires, A., Cruz, V. A., Limede, A. C., Maia, K. dSantos, Baggio, M., Barroso, J. P. R., Biava, J. S., Ferreira, E. M., Ferraz Júnior, M. V. C., & Polizel, D. M. (2021). Effects of narasin supplementation frequency on intake, ruminal fermentation parameters, and nutrient digestibility of *Bos indicus* Nellore steers fed with forage-based diets. *Translational Animal Science*, *5*(3), txab125. <https://doi.org/10.1093/tas/txab125>.
- Strasia, C. A., Owens, F. N., Hicks, R. B., Martin, J. J., & Gill, D. R. (1987). A comparison of monensin, narasin, salinomycin and tylosin on feedlot performance of steers. *Animal Science Research Report, Agricultural Experiment Station, Oklahoma State University*, *119*, 328-331.
- Sutton, J. D. (1979). Carbohydrate fermentation in the rumen—variations on a theme. *Proceedings of the Nutrition Society*, *38*(3), 275–281. <https://doi.org/10.1079/pns19790049>.
- Tedeschi, L. O., Fox, D. G., & Tylutki, T. P. (2003). Potential environmental benefits of ionophores in ruminant diets. *Journal of Environmental Quality*, *32*(5), 1591–1602. <https://doi.org/10.2134/jeq2003.1591>.
- Valero, M. V., Zawadzki, F., Françoço, M. C., Farias, M. S., Rotta, P. P., Prado, I. N., Visantainer, J. V., & Zeoula, L. M. (2011). Sodium monensin or propolis extract in the

- diet of crossbred (1/2 Red Angus vs. 1/2 Nellore) bulls finished in feedlot: Chemical composition and fatty acid profile of the Longissimus muscle. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(4). <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4p1617>.
- Valero, M. V., Farias, M. S., Zawadzki, F., Prado, R. M., Fugita, C. A., Rivaroli, D. C., Ornaghi, M. G., & Prado, I. N. (2016). Feeding propolis or essential oils (cashew and castor) to bulls: performance, digestibility, and blood cell counts. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 29(1), 33–42.
- Weimer, P. J. (1998). Manipulating ruminal fermentation: a microbial ecological perspective. *Journal of Animal Science*, 76(12), 3114–3122. <https://doi.org/10.2527/1998.76123114x>.
- Weimer, P. J., Stevenson, D. M., Mertens, D. R., & Thomas, E. E. (2008). Effect of monensin feeding and withdrawal on populations of individual bacterial species in the rumen of lactating dairy cows fed high-starch rations. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 80(1), 135–145. <https://doi.org/10.1007/s00253-008-1528-9>.
- Whetstone, H. D., Davis, C. L., & Bryant, M. P. (1981). Effect of monensin on breakdown of protein by ruminant microorganisms in vitro. *Journal of Animal Science*, 53(3), 803–809. <https://doi.org/10.2527/jas1981.533803x>.
- Wolin, M. J., & Miller, T. L. (2006). Control of rumen methanogenesis by inhibiting the growth and activity of methanogens with hydroxymethylglutaryl-SCoA inhibitors. *International Congress Series*, 1293(0), 131–137. <https://doi.org/10.1016/j.ics.2006.01.031>.
- Yang, C. M., & Russell, J. B. (1993). Effect of monensin on the specific activity of ammonia production by ruminal bacteria and disappearance of amino nitrogen from the rumen. *Applied and Environmental Microbiology*, 59(10), 3250–3254. <https://doi.org/10.1128/aem.59.10.3250-3254.1993>.
- Zawadzki, F., Prado, I. N., Marques, J. A., Zeoula, L. M., Rotta, P. P., Sestari, B. B., Valero, M. V., & Rivaroli, D. C. (2011). Sodium monensin or propolis extract in the diets of feedlot-finished bulls: Effects on animal performance and carcass characteristics. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 20(1). <https://doi.org/10.22358/jafs/66153/2011>.

## OBJETIVOS GERAIS

Avaliar o desempenho e a morfometria ruminal de bovinos Nelore que receberam Narasina na fase de recria, e que consumiram dietas de alta energia contendo Monensina sódica ou Narasina na fase de confinamento.

### 3. NARASIN USE IN THE REARING PHASE AND THE SUBSEQUENT EFFECT OF NARASIN AND MONENSIN ON PERFORMANCE, CARCASS AND RUMEN MORPHOMETRY IN NELLORE BULLS FINISHED IN FEEDLOT

#### ABSTRACT

Ionophores are added in diets for high production animals to increase weight gain, improve feed efficiency and modulate rumen fermentation. However, there are several different compounds that can be used in the animal diet. This work was carried out to evaluate animal performance, feed intake, carcass yield and health of the rumen epithelium of Nellore bulls finished in feedlot and fed a diet supplemented with sodium monensin, narasin and combination of these two compounds. Before the bulls were rearing a supplemented diet with narasin. Ninety-six Nellore bulls with a mean initial live weight of  $334.1 \pm 27.0$  kg were used. The bulls were blocked by weight (total of six blocks) and randomly allocated to 24 pens (n = 4 animals per pen). The treatments were randomly assigned to each pen, according, firstly, to the rearing phase and then to the feedlot phase: CONT+MONE, without inclusion of additive in the rearing and sodium monensin (27 ppm) in the feedlot, CONT+NARA, without inclusion of additive in the rearing and narasin (13 ppm) in the feedlot, NARA+MONE, inclusion of narasin (13 ppm) in the rearing and sodium monensin (27 ppm) in the feedlot and NARA+NARA, narasin (13 ppm) in the rearing and in feedlot. Thus, there was a 2 x 2 factorial arrangement, with six replications per treatment. The inclusion of monensin and narasin did not affect animal performance, feed intake, hot carcass yield and rumen health. The Bulls showed high weight gain (1.70 kg/day), high dry matter intake (more than 2.50% of body weight), high carcass yield (close to 56.0%) and no adverse effects on the epithelium ruminal. In conclusion, narasin can replace monensin for feedlot finished bulls.

**Keywords:** Animal performance, Feed intake, Fluctuation in dry matter intake, Ionophores, Rumen health.

## INTRODUCTION

The beef production system in the tropics, particularly in Brazil, has always been carried out in pastures and with cattle with a predominance of zebu (Ferraz & Felício, 2010). However, this production system is of low efficiency, longer period for slaughter and production of less tender and darker meat. (Rotta et al., 2009). However, this system is changing to systems of higher productivity, with the implantation of improved tropical pastures (Rodrigues et al., 2008), use of winter pastures (Mottin et al., 2020), supplementation of animals in pastures (Moreira et al., 2008), use of semi-feedlot (Mottin et al., 2020) and high-grain feedlot (Fugita et al., 2018; Ornaghi et al., 2017). However, the more technician beef production system requires a diet with greater energy density, protein and supplemented with additives from different sources to maximize weight gain, feed efficiency and meat quality (Rigueiro et al., 2020; Valero et al., 2011; Zawadzki et al., 2011).

After the 1970s, monensin sodium was used to improve the efficiency of animal production (Duffield et al., 2012). Subsequently, other molecules were developed, such as yeasts (Broadway et al., 2015; Shurson, 2018), lasalocid (Golder & Lean, 2016), avoparcin (Darden et al., 1985), salinomycin (Limede et al., 2021) e narasin (Assis et al., 2020), among others. Still, more recently, other natural compounds such as propolis (Valero et al., 2016; Zawadzki et al., 2011), plants extracts (Bonin et al., 2020) and essentials oils (Mottin et al., 2020; Ornaghi et al., 2020) are being researched as modulators of ruminal fermentation and their consequences on the effectiveness of ruminant production due to their antimicrobial and antioxidant effects. Narasin, a polyester ionophore, is used in the poultry, cattle and swine industry as an anticoccidiostatic agent in a similar way to other ionophores such as monensin, salinomycin and lasalocid. This compound is an antibiotic produced by the bacteria *Streptomyces aureofaciens*, whose molecular formula is  $C_{43}H_{72}O_{11}$  and molecular weight 765 Daltons. Initially, in an *in vivo* study with narasin in ruminant nutrition, carried out by Strasia et al. (1987), it was shown that with the addition of this compound, the animals showed greater weight gain, when compared to the molecule used until then (monensin). At the same time, in an *in vitro* essay performed by Nagaraja et al. (1987), in which several additives were used, narasin was the most effective in inhibiting lactic acid production than the other additives. Thus, other studies were carried out with the use of narasin in ruminant feeding, especially in recent years (Cappelozza et al., 2019; Polizel, Cappelozza, et al., 2020; Soares et al., 2021).



Other studies have demonstrated the positive effects on the performance of cattle fed forage-based diets supplemented with narasin (Limede et al., 2021). The addition of narasin in the diets of ruminants fed high forage diets showed an increase in average daily gain by 20% (Limede et al., 2021; Polizel et al., 2020, 2021). However, the effects on food intake were smaller, on the order of 8%, or no effects, in other studies. This increase in food intake with the use of narasin with high forage diets would be the effects of the molecule on the digestibility of nutrients through changes in the ruminal microbial population. Polizel et al. (2021) observed that narasin supplementation in the diet of lambs fed low quality forages increased NDF digestibility. However, the effects on the digestibility of the other nutrients were not observed in lambs (Oliveira et al., 2022; Polizel et al., 2021) and cattle (Limede et al., 2021; Polizel et al., 2020; Soares et al., 2021). Oliveira et al. (2022) and Polizel et al. (2021) observed an improvement in feed efficiency of the order of 30% in lambs fed a high forage diet. However, in other studies, the addition of narasin had no effect on feed efficiency in cattle (Limede et al., 2021; Polizel et al., 2020). Thus, it seems that the positive effects of adding narasin to ruminant diets are dependent on other factors, such as forage/concentrate ratio, physiological stage and animal species.

The hypothesis of this work was to verify if the addition of narasin in the growing phase could have a positive effect on the productive performance and health of the digestive epithelium of Nellore bulls in the feedlot system.

This study was carried out to evaluate the inclusion of narasin on performance, feed intake, carcass yield and rumen morphometry of Nellore bulls finished in feedlot with high energy density, but which were reared a diet supplemented with narasin on animal performance, feed intake and efficiency and rumen health.

## **MATERIALS AND METHODS**

### *Local*

The study was conducted in the farm of Gasparim Sementes e Nutrição Animal, in the city of Presidente Bernardes, state of São Paulo, Brazil.

### *Animals*

Ninety-six Nellore bulls, with a mean initial live weight of  $334.1 \pm 27.0$  kg were used. The bulls were blocked by weight (total of six blocks) and randomly allocated into 24 pens (4 bulls per pen), which were considered the experimental units. Each pen consisted of 5 meters of feed bunk, with dimensions of 16 by 6 meters. Thus, each animal had, on average, 24 m<sup>2</sup> of available area in each stall, as well as 1.25 linear meter of feed bunk.

### *Experimental diets*

The treatments were randomly assigned to each pen, according, firstly, to the rearing phase and then to the feedlot phase: CONT+MONE, without inclusion of additive in the rearing and sodium monensin (27 ppm) in the feedlot, CONT+NARA, without inclusion of additive in the rearing and narasin (13 ppm) in the feedlot, NARA+MONE, inclusion of narasin (13 ppm) in the rearing and sodium monensin (27 ppm) in the feedlot and NARA+NARA, narasin (13 ppm) in the rearing and in feedlot. Thus, there was a 2 x 2 factorial arrangement, with six replications per treatment.

Experimental diets are shown in Table 1 and were formulated to be isoenergetic and isoproteic. The bulls received the adaptation diet in the first 14 days of the confinement phase. The growth diet was provided from day 15 to day 56 and the finishing diet from day 57 to 117 of the experimental period.

The bulls were fed twice a day (09:00 and 14:00), with 1% to 2% leftovers in the troughs provided. Leftovers were collected and weighed daily, and the dry matter content of the diets provided was determined daily. At this stage, the average dry matter intake per pen was also calculated, which was expressed in kilograms and as a percentage of live weight. In addition, dry matter consumption data were used to determine the average consumption fluctuation of each stall, expressed in kilograms, in which the difference between two consecutive days of consumption was calculated according to the methodology proposed by Bevans et al. (2005), discounting weigh-in and rainy days.

### *Rearing period*

Before starting the finishing period, the animals underwent a rearing period, which lasted 28 days, with a diet based on corn silage and sugarcane bagasse, with the aim of simulating a low-quality pasture. The animals went through the rearing already confined in the experimental stalls.

During this period, the animals were supplemented with a thickened mineral that contained Narasin or not, according to the study treatments (CONT+MON; CONT+NARA; NARA+MON; NARA+NARA), in a trough separate from the diet based on corn silage and sugarcane bagasse that was offered.

The purpose of the rearing was to assess whether the animals that received the Narasin additive during this period would have a positive effect in the fattening phase.

**Table 1** Bromatological analysis of sugarcane bagasse and corn silage used in the diet offered to animals in rearing.

<b>Parameters, %</b>	<b>Corn Silage</b>	<b>Sugar cane bagasse</b>
Dry matter	34.5	56.2
Mineral matter	7.8	2.1
Crude protein	6.9	0.9
Non-protein nitrogen	2.6	-
Ether extract	1.9	0.5
Neutral detergent fiber	55.2	89.3
Acid detergent fiber	32.6	57.0
Total digestive nutrients	55.3	44.5

**Table 2** Experimental diets of the rearing phase.

<b>Ingredients, %</b>	<b>Rearing</b>
Corn silage	60
Sugar cane bagasse	40
<b>Chemical composition</b>	
Dry matter	40.80
Crude protein	4.50
Ether extract	1.34
Total digestible nutrients	50.98
Neutral detergent fiber	68.84

**Table 3** Mineral supplement containing or not narasin offered to animals in rearing

<b>Parameters</b>	<b>Unit</b>	<b>CONT</b>	<b>NARA</b>
Dry matter	%	97.46	97.46
Total digestible nutrients	%	8.10	8.10
Crude protein	%	20.00	20.00
Non-protein nitrogen	%	19.04	19.04
Calcium	%	19.54	19.54
Phosphorus	%	4.00	4.00
Sodium	%	7.40	7.40
Potassium	%	0.05	0.05
Chlorine	%	11.06	11.06
Magnesium	%	0.80	0.80
Sulfur	%	1.20	1.20
Manganese	mg/kg	800.00	800.00
Iron	mg/kg	3410.15	3410.15
Zinc	mg/kg	2100.00	2100.00
Copper	mg/kg	800.00	800.00
Cobalt	mg/kg	60.00	60.00
Selenium	mg/kg	18.00	18.00
Iodine	mg/kg	60.00	60.00
Chrome	mg/kg	25.00	25.00
Narasin	mg/kg	-	600.00

Mineral consumption was 0.05% of the live weight of the animals, with an average consumption of 0.232 kg per day during the 28 days that were supplemented with the thickened mineral, with or without narasin. Thus, the animals that consumed the mineral containing narasin consumed an average of 14 ppm of narasin during the 28 days of rearing.

#### *Feedlot phases*

The rearing phase took place in the confinement pens, where the animals received, for a period of 28 days, a mixture of raw sugarcane bagasse, corn silage and mineral supplement, differentiated only by the presence or absence of Narasin. At this stage, the animals were weighed on day 0 and 28. Dry matter intake was measured daily and expressed in kg/day and as a percentage of live weight.

Performance-related variables such as daily weight gain, feed efficiency and fluctuation in dry matter intake were also determined in the growing phase.

**Table 4** Experimental diets containing narasin or sodium monensin fed to confined Nellore bulls

<b>Ingredients, %</b>	<b>Adaptation</b>	<b>Growing</b>	<b>Finishing</b>
Corn silage	16.0	14.0	12.0
Sugar cane bagasse	13.0	10.0	7.0
Ground corn	35.0	45.0	55.0
Soybean hulls	11.3	8.2	5.1
Cottonseed meal	20.0	17.0	14.0
Protected fat	1.5	2.5	3.5
Urea	0.4	0.5	0.6
Premix <sup>1</sup>	2.8	2.8	2.8
<b>Chemical composition</b>			
Dry matter	64.0	67.0	70.0
Crude protein	14.4	13.8	13.3
Ether extract	3.4	4.5	5.7
Total digestible nutrients	67.0	69.0	73.0
Neutral detergent fiber	38.6	33.2	27.9
Calcium	0.71	0.82	0.90
Phosphorus	0.29	0.31	0.32

<sup>1</sup>Composition per kg of dry matter: Calcium 160 g, Phosphorus 22 g, Sodium 70 g, Potassium 40 g, Magnesium 35 g, Sulfur 25 g, Cobalt 30 mg, Copper 450 mg, Iodine 25 mg, Manganese 850 mg, Selenium 5 mg, Zinc 1350 mg, Chromium 15 mg, Vitamin A 60,000 IU, Vitamin D 8,000 IU, Vitamin E 480 IU The additives were added to the premix to make a total of 13 ppm of Narasin or 27 ppm of monensin sodium.

At the final of the rearing phase, the animals began the confinement phase. From the beginning to the end of this phase, the animals underwent three different diets, called adaptation, growth and finish, which differed only in terms of the feed additives that represented the treatments.

#### *Animal performance*

Regarding the assessment of live weight, the animals were weighed at the beginning of the finishing phase, and on days 28, 56, 84 and 117 of the experimental periods for data collection, where the average daily weight gain between the weight intervals was calculated. 0

to 28 days, 0 to 56 days, 0 to 84 days and 0 to 117 days. In the initial and final weighing, the animals were weighed after 16 hours of fasting from solids. However, in the intermediate weighing, the weighing was realized no 24 hour fasting bulls and 4% of the observed weight was discounted to obtain the empty body weight (Stock et al., 1983). Feed conversion was calculated as the ratio between dry matter intake and average daily weight gain.

#### *Slaughter and carcass dressing*

At the final feedlot, the bulls were slaughtered at the Naturafrig Alimentos Cold Storage unit located in the city of Pirapozinho, São Paulo, Brazil. After slaughter, hot carcass weight data were collected. Carcass dressing was calculated as the ratio between hot carcass weight and final live weight, which was multiplied by 100 to be expressed as a percentage.

#### *Sample collection and measurements*

After slaughter and evisceration of the animals, the rumen and reticulum compartments were separated and cleaned with running water and classified according to the incidence of lesions (rumenitis and parakeratosis), following the methodology described by Bigham & Mcmanus (1975), based on a scale from 0 (no lesions) to 10 (ulcerative lesions throughout the rumen). The classification of ruminal papillae was performed by two people trained for this purpose, with the final score being the average of both.

The morphometric analyzes were performed according to the methodology proposed by Daniel et al. (2006) e Resende Júnior et al. (2006) for all animals (n = 96), in which a 1 cm<sup>2</sup> sample was collected from the cranial sac of the rumen and immediately placed in a container containing a phosphate buffer solution (PBS = 0.79 g of NaCl, 0.223 g of Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0.0524 g of NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O qsp 100 mL) at 0.1 M and pH 7.4 and kept refrigerated for one day until measurements were carried out. The morphometric variables analyzed were: mean number of papillae (MNP), mean papillae area (MPA) in cm<sup>2</sup>, absorptive surface of the epithelium (ASE) in cm<sup>2</sup>, and representativeness of the papillae on the absorptive surface (RPAS) in %. The average number of papillae in every fragment was measured by three evaluators and the final value considered was the average of the three counts. From this fragment, twelve papillae were randomly sectioned, which were digitized (using a scanner), and the AMP was calculated based on the generated images, using the image analysis program UTHSCSA Image Tool. The final value considered was the average area of the twelve papillae. The ASE and RPAS were calculated as follows:

$$ASE = 1 + MNP * MPA - (MNP * 0.002).$$

$$\text{RPAS} = \text{MNP} * \text{MPA} * 100/\text{ASE}.$$

Where: MNP – mean number of papillae, MPA – mean area of papillae in cm<sup>2</sup>, ASE – absorptive surface of the epithelium in cm<sup>2</sup> and RPAS – representativeness of papillae on the absorptive surface in (%). The number 1 represents the 1 cm<sup>2</sup> fragment collected, and the 0.002 the estimated basal area of each rumen papilla.

The assessments of lesions in the cecal epithelium were adapted from the proposed methodology for the ruminal epithelium, on a scale from 0 to 10.

#### *Statistical analysis*

Data were analyzed using the PROC MIXED of SAS (2003), in which blocks were included in the model as a random effect and treatments as fixed effects. All measured response variables were tested for normality and heterogeneity of variances. There was no need for data transformation, as all response variables presented residuals with normal distribution. Likewise, all response variables tested non-significant for heterogeneous variances. Differences among treatments were considered significant when P values were < 0.05.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

#### *Rearing period*

The performance results of Nellore cattle in the growing period fed a high roughage diet with or without narasin are shown in Table 5.

At this period, the addition of narasin to the mineral supplement had no effect on final weight (P > 0.20) and average daily gain (P > 0.14). Likewise, no effect (P > 0.15) of the addition of narasin on feed efficiency was observed, although the gain was of small magnitude. In fact, the introduction of ionophores in the first days in feedlot reduces the average gain due to the change in the ruminal microbiota (Duffield et al., 2012).

On the other hand, a reduction in dry matter intake was observed in kg/day (P < 0.03) and in %/BW (0.02). The reduction in dry matter intake in ruminants fed with the inclusion of different ionophores was summarized in a meta-analysis carried out by Duffield et al. (2012). This reduction occurs due to the adaptation of the rumen microbiota due to the change in the

diet and the addition of ionophores (Nagaraja & Lechtenberg, 2007). However, no fluctuation in dry matter intake (kg/day,  $P = 0.45$ ) or (% BW,  $P = 0.96$ ) was observed.

**Table 5** Performance of Nellore bulls in the growing period fed a high roughage diet with or without the addition of narasin

Parameters	Treatments		SEM	P < Value
	CONT	NARA		
Initial live weight, kg	334,1	334,0	10,77	0,90
Final live weight, kg	336,3	333,7	10,78	0,20
Average daily gain, kg	0,08	-0,01	0,04	0,14
Dry matter intake, kg	5,71a	5,36b	0,17	0,03
Dry matter intake, %/BW	1,71a	1,61b	0,03	0,02
Feed efficiency, kg/kg	0,013	-0,001	0,007	0,15
Fluctuation in dry matter intake, kg	0,63	0,58	0,05	0,45
Fluctuation in dry matter intake, %	10,74	10,81	0,97	0,96

Different letters on the same line are different ( $P < 0.05$ ).

#### *Fattening period*

The feedlot period was separated into two phases: growing from (0 to 28 days) and finishing (29 to 117 days). In the phase of the feedlot period as a whole, the addition of narasin or narasin or a combination of both molecules had no effect on final live weight ( $P > 0.17$ ) and average daily gain ( $P = 0.53$ ) (Table 6). Thus, there was no synergistic effect of monensin and narasin on animal performance. However, the average daily gain was high for Nellore cattle (1.70 kg). In general, cattle with a predominance of the Nellore breed gain from 1.20 to 1.50 kg/day when finished in feedlot. (Carvalho et al., 2021; Françoço et al., 2013; Ornaghi et al., 2017; Silva et al., 2014). The non-observance of differences in animal performance may be related to animal health. In this study, the high weight gain and the absence of findings of rumen injuries indicate that the animals did not present clinical conditions that could be repaired with the introduction of ionophores.

On the other hand, in sheep finished with high-forage diets, animal performance was superior when the diets were supplemented with narasin (Oliveira et al., 2022; Polizel et al., 2021) compared to control diets. Likewise, the inclusion of narasin in the diet of cattle fed



with high forage concentration, the average daily gain was higher (+15%) in relation to cattle fed with non-supplemented diets (Limede et al., 2021; Polizel et al., 2020).

Dry matter intake, both in absolute value (kg/day) and in relative value (% of intake of body weight) was similar ( $P > 0.05$ ) for all phases (growth and finishing) in the total period. confinement period (117 days). In general, the inclusion of ionophores in ruminant diets has little effect on feed intake (Oliveira et al., 2022; Soares et al., 2021). Some researchers have reported a small increase in dry matter intake, between 5 and 8% (Duffield et al., 2012; Limede et al., 2021; Polizel et al., 2020).

**Table 6** Performance of feedlot Nellore bulls fed high concentrate diets containing narasin or sodium monensin, from supplementation or not with narasin in the fattening phase

Parameters	CONT		NARA		EPM	P < Value		
	MONE	NARA	MONE	NARA		Pre	Feedlot	Pre*Feed
BW <sup>1</sup> , kg								
0	335.3	337.2	333.3	334.1	1.15	0.13	0.42	0.74
28	386.9	389.7	386.6	384.5	2.00	0.33	0.91	0.40
56	441.5	441.9	436.4	434.8	2.86	0.14	0.89	0.81
84	485.1	484.7	479.2	474.4	3.93	0.16	0.64	0.69
117	539.3	537.7	532.0	529.0	4.2	0.17	0.66	0.87
ADG <sup>2</sup> , kg								
0 – 28	1.84	1.87	1.90	1.80	0.08	0.93	0.74	0.54
0 – 56	1.90	1.87	1.84	1.80	0.06	0.43	0.67	0.92
0 – 84	1.78	1.76	1.74	1.67	0.05	0.34	0.50	0.77
0 – 117	1.74	1.71	1.70	1.66	0.04	0.37	0.53	0.95
DMI <sup>3</sup> , kg								
0 – 28	9.65	9.91	9.40	9.57	0.13	0.11	0.23	0.80
0 – 56	10.59	10.63	10.21	10.56	0.23	0.50	0.55	0.63
0 – 84	10.47	10.41	10.09	10.55	0.28	0.76	0.61	0.51
0 – 117	10.15	10.01	9.82	10.27	0.25	0.92	0.67	0.42
DMI <sup>3</sup> , %/BW								
0 – 28	2.69	2.73	2.62	2.67	0.04	0.19	0.37	0.95
0 – 56	2.74	2.73	2.66	2.74	0.06	0.66	0.63	0.55
0 – 84	2.57	2.54	2.49	2.60	0.06	0.96	0.64	0.43
0 – 117	2.33	2.29	2.27	2.38	0.05	0.86	0.68	0.36

DMIF <sup>4</sup> , kg								
0 – 28	7.89 <sup>a</sup>	8.36 <sup>b</sup>	9.29 <sup>a</sup>	5.57 <sup>c</sup>	0.81	0.39	0.05	0.02
0 – 56	7.82 <sup>b</sup>	9.78 <sup>a</sup>	8.27 <sup>b</sup>	6.31 <sup>c</sup>	0.61	0.03	0.99	0.01
0 – 84	8.46 <sup>b</sup>	10.51 <sup>a</sup>	10.66 <sup>a</sup>	8.22 <sup>b</sup>	0.68	0.96	0.83	0.02
0 – 117	9.13 <sup>c</sup>	10.84 <sup>b</sup>	12.17 <sup>a</sup>	8.53 <sup>c</sup>	0.71	0.70	0.33	0.01
DMIF <sup>4</sup> , % BW								
0 – 28	0.77	0.78	0.82	0.51	0.08	0.27	0.12	0.11
0 – 56	0.81 <sup>b</sup>	0.96 <sup>a</sup>	0.79 <sup>b</sup>	0.65 <sup>c</sup>	0.06	0.01	0.89	0.03
0 – 84	0.84 <sup>b</sup>	1.02 <sup>a</sup>	0.98 <sup>a</sup>	0.83 <sup>b</sup>	0.05	0.64	0.81	0.02
0 – 117	0.87 <sup>b</sup>	1.01 <sup>a</sup>	1.03 <sup>a</sup>	0.83 <sup>b</sup>	0.04	0.93	0.59	0.01
FE <sup>5</sup> , kg/kg								
0 – 28	0.191	0.189	0.203	0.187	0.008	0.66	0.38	0.49
0 – 56	0.179	0.176	0.181	0.168	0.005	0.68	0.29	0.53
0 – 84	0.170	0.170	0.173	0.158	0.004	0.45	0.16	0.22
0 – 117	0.172	0.172	0.174	0.162	0.004	0.47	0.29	0.28
HCW <sup>6</sup> , kg								
	300.2	300.8	296.0	294.1	2.85	0.19	0.88	0.76
HCD <sup>7</sup> , %								
	55.8	55.7	55.6	55.6	0.23	0.55	0.66	0.71

<sup>1</sup>Body weight, <sup>2</sup>Average daily gain, <sup>3</sup>Dry matter intake, <sup>4</sup>Dry matter intake fluctuation, <sup>5</sup>Feed efficiency, <sup>6</sup>Hot carcass weight, <sup>7</sup>Hot carcass yield. Means followed by different letters on the same line are different ( $P < 0.05$ ).

Narasin supplementation throughout the experimental period, in the growing and finishing phases, reduced the fluctuation in dry matter intake by 14.4%, when expressed in kilograms, and by 2.2%, when expressed as a percentage. It is noteworthy that even after only 28 days of study it was possible to detect the effect of narasin on the reduction of fluctuation in dry matter intake. The smaller the fluctuation in dry matter intake, the lower the risk of digestive disorders and the greater the potential for improved performance (Pereira et al., 2021).

Narasin supplementation, both in the rearing and confinement phases, did not have negative effects on performance parameters ( $P > 0.10$ ), which demonstrates that narasin has a similar effect to sodium monensin on the performance of animals. confined cattle that consume high energy diets.

Final carcass weight (average of 300 kg) and carcass dressing (average of 55.7%) were high for Nellore cattle, but with no effect ( $P > 0.05$ ) between treatments. In general, feedlot finished Nellore cattle have a carcass weight between 250 and 270 kg and a hot carcass

dressings equal to or below 54% (Françoze et al., 2013; Fugita et al., 2018; Ornaghi et al., 2017, 2020; Silva et al., 2012).

The results referring to the scores of lesions in the rumen and cecum, as well as those related to rumen morphometry, are shown in Table 4. There was no effect of treatments on any of the evaluated variables ( $P > 0.10$ ), which demonstrates that the narasin supplementation can also generate effects similar to that of sodium monensin with respect to ruminal and cecal epithelia.

**Table 7** Rumen and cecal lesion scores, and ruminal morphometry of feedlot Nellore bulls fed high concentrate diets containing narasin or sodium monensin, resulting from supplementation or not with narasin in the rearing phase

Parameters	CONT		NARA		SEM	P < Value		
	MONE	NARA	MONE	NARA		Pre	Feedlot	Pre * Feed
<i>Rumen</i>								
- RS <sup>1</sup>	2.54	2.92	2.58	3.19	0.31	0.72	0.28	0.79
- APA <sup>2</sup> , cm <sup>2</sup>	0.32	0.36	0.35	0.35	0.02	0.78	0.49	0.31
- ANP <sup>3</sup> , n/cm <sup>2</sup>	79.43	82.67	73.41	70.04	5.40	0.23	0.99	0.67
- ASA <sup>4</sup> , cm <sup>2</sup>	24.42	27.58	23.55	23.34	1.13	0.10	0.33	0.27
- APA <sup>5</sup> , %	96.08	96.09	95.83	95.52	0.24	0.19	0.61	0.59
<i>Cecum</i>								
- LS <sup>6</sup>	1.40	1.62	0.90	1.50	0.23	0.31	0.26	0.52

<sup>1</sup>Rumenitis score, <sup>2</sup>Average papillae area, <sup>3</sup>Average number of papillae, <sup>4</sup>Absorptive surface area, <sup>5</sup>Average papillae area, <sup>6</sup>Lesion score.

## CONCLUSION

Based on the results observed in the present study, the inclusion of narasin in the rearing phase does not improve the subsequent feedlot performance of Nellore cattle, regardless of whether they consumed narasin or sodium monensin while confined for a period of 117 days. Likewise, supplementation with narasin in the rearing phase does not positively impact the variables linked to the ruminal and cecal epithelium at the end of the finishing phase in confinement. Confined Nellore cattle supplemented with narasin perform similarly to those that consumed sodium monensin, so narasin may eventually replace sodium monensin. As for the effects of narasin supplementation on the fluctuation of dry matter intake, further studies

are needed to clarify the mode of action of this additive, both from a microbiological and nutritional point of view.

## REFERENCES

- Assis, R. G., Biava, J. S., Polizel, D. M., Souza, T. T., Sturion, T. U., Pires, A. V., Relling, A. E., & Ferreira, E. M. (2020). Use of narasin in diets for lactating ewes. *Small Ruminant Research*, *187*, 106108. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106108>.
- Bevans, D. W., Beauchemin, K. A., Schwartzkopf-Genswein, K. S., McKinnon, J. J., & McAllister, T. A. (2005). Effect of rapid or gradual grain adaptation on subacute acidosis and feed intake by feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, *83*(5), 1116–1132. <https://doi.org/10.2527/2005.8351116x>.
- Bigham, M. L., & Mcmanus, W. R. (1975). Whole wheat grain feeding of lambs. Effects of roughage and wheat grain mixtures. *Australian Journal of Agricultural Research*, *26*, 1053–1062.
- Bonin, E., Carvalho, V. M., Avila, V. D., Santos, N. C. A., Zanqueta, É. B., Lanchero, C. A. C., Previdelli, I. T. S., Nakamura, T. U., Abreu Filho, B. Al, & Prado, I. N. (2020). Baccharis dracunculifolia: Chemical constituents, cytotoxicity and antimicrobial activity. *LWT - Food Science and Technology*, *120*(108920), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108920>.
- Broadway, P. R., Carroll, J. A., & Sanchez, N. C. B. (2015). Live yeast and yeast cell wall supplements enhance immune function and performance in food-producing livestock: a review. *Microorganisms*, *3*(3), 417–427. <https://doi.org/10.3390/microorganisms3030417>.
- Cappellozza, B. I., Lasmar, P. V. F., Reis, F. T., Oliveira, L., Hoe, F., Boehler, R. M., Leibovich, J., Starkey, R., Simas, J., & Cooke, R. F. (2019). Effects of supplement type and narasin inclusion on supplement intake by Bos indicus beef bulls grazing a warm-season forage. *Translational Animal Science*, *3*(1), 263–273. <https://doi.org/10.1093/tas/txy113>.
- Carvalho, V. M., Ávila, V. A. D., Bonin, E., Matos, A. M., Prado, R. M., Castilho, R. C., Silva, R. R., Abreu Filho, B. A., & Prado, I. N. (2021). Effect of extract from baccharis, tamarind, cashew nut shell liquid and clove on animal performance, feed efficiency, digestibility, rumen fermentation and feeding behavior of bulls finished in feedlot. *Livestock Science*, *244*(104361). <https://doi.org/10.1016/j.livsci.20.104361>.
- Daniel, J. L. P., Resende Júnior, J. C., & Cruz, F. J. (2006). Participação do rumino reticulo e omaso na superfície absorptiva total do proventrículo de bovinos. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, *43*, 688–694.
- Darden, D. E., Merchen, N. R., & Berger, L. L. (1985). Effects of avoparcin, lasalocid and monensin on sites of nutrient digestion in beef steers. *Nutrition Reports International*, *31*(4), 979–989.
- Duffield, T. F., Merrill, J. K., & Bagg, R. N. (2012). Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. *Journal of Animal Science*, *90*(12), 4583–4592. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-5018>.
- Ferraz, J. B. S., & Felício, P. E. (2010). Production systems – An example from Brazil. *Meat Science*, *84*(2), 238–243. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.06.006>.
- Françozo, M. C., Prado, I. N., Cecato, U., Valero, M. V., Zawadzki, F., Ribeiro, O. L., Prado, R. M., & Visentainer, J. V. (2013). Growth performance, carcass characteristics and

- meat quality of finishing bulls fed crude glycerin- supplemented diets. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 56(2). <https://doi.org/10.1590/S1516-89132013000200019>
- Fugita, C. A., Prado, R. M., Valero, M. V., Bonafé, E. G., Carvalho, C. B., Guerrero, A., Sañudo, C., & Prado, I. N. (2018). Effect of the inclusion of natural additives on animal performance and meat quality of crossbred bulls (Angus vs. Nelore) finished in feedlot. *Animal Production Science*, 58(11), 2076–2083. <https://doi.org/10.1071/AN16242>.
- Golder, H. M., & Lean, I. J. (2016). A meta-analysis of lasalocid effects on rumen measures, beef and dairy performance, and carcass traits in cattle. *Journal of Animal Science*, 94(1), 306–326. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9694>.
- Limede, A. C., Marques, R. S., Polizel, D. M., Cappellozza, B. I., Miszura, A. A., Barroso, J. P. R., Martins, A. S., Sardinha, L. A., Baggio, M., & Pires, A. V. (2021). Effects of supplementation with narasin, salinomycin, or flavomycin on performance and ruminal fermentation characteristics of *Bos indicus* Nelore cattle fed with forage-based diets. *Journal of Animal Science*, 99(4), skab005. <https://doi.org/10.1093/jas/askab005>.
- Moreira, F. B., Mizubuti, I. Y., Prado, I. N., Matsushita, M., Matsubara, M. T., & Dognani, R. (2008). Protein and mineral supplementation for calves grazing a Mombaça pasture during the winter. *Semina: Ciências Agrárias*, 29(1). <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2008v29n1p203>.
- Mottin, C., Catalano, F. A. R., Chefer, D. M., Araújo, F. L., Carvalho, V. M., Guerrero, A., Ornaghi, M. G., Souza, K. A., Castilho, R. A., & Prado, I. N. (2020). Effect of essential and vegetable oil blend supplementation on animal performance, feed intake, rumen fermentation and rumen microbial populations of crossbred steers finished in a pasture system. *Research, Society and Development*, 9(9), e738998057–e738998057. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.8057>.
- Nagaraja, T. G., & Lechtenberg, K. F. (2007). Acidosis in feedlot cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23(2), 333–350. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.04.002>.
- Nagaraja, T. G., Taylor, M. B., Harmon, D. L., & Boyer, J. E. (1987). In vitro lactic acid inhibition and alterations in volatile fatty acid production by antimicrobial feed additives. *Journal of Animal Science*, 65(4), 1064–1076.
- Oliveira, G. B., Polizel, D. M., Bertoloni, A. V., Ferraz, M. V. C., Miszura, A. A., Barroso, J. P. R., Martins, A. S., Pasqualino, L. F., Biava, J. S., & Ferreira, E. M. (2022). Frequency of narasin intake affects ruminal metabolism and growth of lambs. *Animal Production Science*. <https://doi.org/10.1071/AN20418>.
- Ornaghi, M. G., Guerrero, A., Vital, A. C. P., Souza, K. A., Passetti, R. A. C., Mottin, C., Castilho, R. C., Sañudo, C., & Prado, I. N. (2020). Improvements in the quality of meat from beef cattle fed natural additives. *Meat Science*, 163, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108059>.
- Ornaghi, M. G., Passetti, R. A. C., Torrecilhas, J. A., Mottin, C., Vital, A. C. P., Guerrero, A., Sañudo, C., Campo, M. M., & Prado, I. N. (2017). Essential oils in the diet of young bulls: Effect on animal performance, digestibility, temperament, feeding behaviour and carcass characteristics. *Animal Feed Science and Technology*, 234, 274–283. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.10.008>.
- Pereira, I. C., Costa, C. F., Martins, C. L., Pereira, M. C. S., Squizatti, M. M., Owens, F. N.,

- Cruz, G. D., Millen, D. D., & Arrigoni, M. D. B. (2021). Voluntary daily fluctuation in dry matter intake is associated to feedlot performance, feeding behavior and rumen morphometrics in beef cattle. *Livestock Science*, 250, 104565. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104565>.
- Polizel, D. M., Cappellozza, B., Hoe, F., Lopes, C. N., Barroso, J., Miszura, A., Oliveira, G. B., Gobato, L., & Pires, A. V. (2020). Effects of narasin supplementation on dry matter intake and rumen fermentation characteristics of *Bos indicus* steers fed a high-forage diet. *Translational Animal Science*, 4(1), 118–128. <https://doi.org/10.1093/TAS/TXZ164>.
- Polizel, D. M., Marques, S. S., Westphalen, M. F., Gouvea, V. N., Ferraz Júnior, M. M. V. C., Miszura, A. A., Barroso, J. P. R., Limede, A. C., Ferreira, E. M., & Pires, A. V. (2020). Narasin inclusion for feedlot lambs fed a diet containing high amounts of ground flint corn. *Scientia Agricola*, 78(6), 1–8. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2020-0010>.
- Polizel, D. M., Sardinha, L. A., Limede, A. C., Miszura, A. A., Barroso, J. P. R., Sturion, T. U., Soares, L. C. B., Marques, R. S., Biava, J. S., & Ferraz Júnior, M. M. V. C. (2021). Effect of narasin supplementation on performance of lambs fed high-forage diets. *Small Ruminant Research*, 205, 106549. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106549>.
- Resende Júnior, J. C., Alonso, L. S., Pereira, M. N., Magalhães, M. G. R., Duboc, M. V., Oliveira, E. C., & Melo, L. Q. (2006). Effect of the feeding pattern on rumen wall morphology of cows and sheep. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 43(4), 526–536.
- Rigueiro, A. L. N., Pereira, M. C. S., Squizatti, M. M., Ferreira, M. M., Dondé, S. C., Luiz, F. P., Silvestre, A. M., Muller, L. R., Garcia, C. P., Bueno, A. P. D., Toledo, L. V., Estevam, D. D., Martins, C. L., Arrigoni, M. D. B., & Millen, D. D. (2020). Different combinations of sodium monensin and virginiamycin during feedlot finishing of Nellore cattle. *Animal Production Science*, 60(8), 1061–1072. <https://doi.org/10.1071/AN18657>.
- Rodrigues, A. M., Cecato, U., Fukumoto, N. M., Galbeiro, S., Santos, G. T., & Barbero, L. M. (2008). Irrigação e adubação nitrogenada em três gramíneas forrageiras no Meio-Norte do Brasil. *Revista Ciência Agronômica*, 36(3), 274–278. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-45849088039&partnerID=40&md5=959b991cd5e53af5da337095324dfa35>
- Rotta, P. P., Prado, R. M., Prado, I. N., Valero, M. V., Visentainer, J. V., & Silva, R. R. (2009). The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(12), 1718–1734. <https://doi.org/10.5713/ajas.2009.90071>.
- Shurson, G. C. (2018). Yeast and yeast derivatives in feed additives and ingredients: Sources, characteristics, animal responses, and quantification methods. *Animal Feed Science and Technology*, 235(June 2017), 60–76. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.11.010>.
- Silva, L. G., Torrecilhas, J. A., Ornaghi, M. G., Eiras, C. E., Prado, R. M., & Prado, I. N. (2014). Glycerin and essential oils in the diet of Nellore bulls finished in feedlot: animal performance and apparent digestibility. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 36(2), 177–184. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i2.23089>.
- Silva, R. R., Marques, J. A., Prado, I. N., Pereira, M. M. S., Prado, R. M., Mendes, F. B. L., Lisboa, M. M., Carvalho, G. G. P., & Carvalho, V. M. (2012). Carcass characteristics of Nellore steers finished in pasture and supplemented with different concentrate levels.

- Theriognology Insight*, 2(3), 165–172. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.02.018>.
- Silva, R. R., Prado, I. N., Carvalho, G. G. P., Silva, F. F., Santana Junior, H. A., Souza, D. R., Dias, D. L. S., Pereira, M. M., Marques, J. A., & Paixão, M. L. (2010). Novilhos nelore suplementados em pastagens: consumo, desempenho e digestibilidade. *Archivos de Zootecnia*, 59(228), 549–560. <https://doi.org/10.21071/az.v59i228.4710>.
- Soares, L. C. B., Marques, R. S., Vaz Pires, A., Cruz, V. A., Limede, A. C., Maia, K. dSantos, Baggio, M., Barroso, J. P. R., Biava, J. S., Ferreira, E. M., Ferraz Júnior, M. V. C., & Polizel, D. M. (2021). Effects of narasin supplementation frequency on intake, ruminal fermentation parameters, and nutrient digestibility of *Bos indicus* Nellore steers fed with forage-based diets. *Translational Animal Science*, 5(3), txab125. <https://doi.org/10.1093/tas/txab125>.
- Stock, R., Klopfenstein, T., Brink, D., Lowry, S., Rock, D., & Abrams, S. (1983). Impact of weighing procedures and variation in protein degradation rate on measured performance of growing lambs and cattle. *Journal of Animal Science*, 57, 1276–1285. <https://doi.org/10.2527/jas1983.5751276x>.
- Strasia, C. A., Owens, F. N., Hicks, R. B., Martin, J. J., & Gill, D. R. (1987). A comparison of monensin, narasin, salinomycin and tylosin on feedlot performance of steers. *Animal Science Research Report, Agricultural Experiment Station, Oklahoma State University*, 119, 328-331.
- Valero, M. V., Zawadzki, F., Françaço, M. C., Farias, M. S., Rotta, P. P., Prado, I. N., Visantainer, J. V., & Zeoula, L. M. (2011). Sodium monensin or propolis extract in the diet of crossbred (1/2 Red Angus vs. 1/2 Nellore) bulls finished in feedlot: Chemical composition and fatty acid profile of the Longissimus muscle. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(4). <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4p1617>.
- Valero, M. V., Farias, M. S., Zawadzki, F., Prado, R. M., Fugita, C. A., Rivaroli, D. C., Ornaghi, M. G., & Prado, I. N. (2016). Feeding propolis or essential oils (cashew and castor) to bulls: performance, digestibility, and blood cell counts. *Revista Colombiana de Ciências Pecuárias*, 29(1), 33–42.
- Zawadzki, F., Prado, I. N., Marques, J. A., Zeoula, L. M., Rotta, P. P., Sestari, B. B., Valero, M. V., & Rivaroli, D. C. (2011). Sodium monensin or propolis extract in the diets of feedlot-finished bulls: Effects on animal performance and carcass characteristics. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 20(1). <https://doi.org/10.22358/jafs/66153/2011>