

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

COMBINAÇÃO DE MONENSINA SÓDICA,
VIRGINIAMICINA E ADVANTAGE
CONFINAMENTO[®] SOBRE O DESEMPENHO DE
BOVINOS NÃO CASTRADOS TERMINADOS EM
CONFINAMENTO COM DIETAS DE ALTO GRÃO

Autora: Vanessa Duarte
Orientador: Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado

MARINGÁ
Estado do Paraná
Março - 2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

COMBINAÇÃO DE MONENSINA SÓDICA,
VIRGINIAMICINA E ADVANTAGE
CONFINAMENTO® SOBRE O DESEMPENHO DE
BOVINOS NÃO CASTRADOS TERMINADOS EM
CONFINAMENTO COM DIETAS DE ALTO GRÃO

Autora: Vanessa Duarte

Orientador: Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado

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
Março – 2021

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

D812c

Duarte, Vanessa

Combinação de Monensina Sódica, Virginiamicina e Advantage Confinamento® sobre o desempenho de bovinos não castrados terminados em confinamento com dietas de alto grão / Vanessa Duarte. -- Maringá, PR, 2021.

50 f.: il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2021.

1. Bovinos - Nutrição - Qualidade de carne. 2. Bovinos - Nutrição - Aditivos. I. Prado, Ivanor Nunes do, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDD 23.ed. 636.2085



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

COMBINAÇÃO DE MONENSINA SÓDICA,
VIRGINIAMICINA E ADVANTAGE CONFINAMENTO®
SOBRE O DESEMPENHO DE BOVINOS NÃO CASTRADOS
TERMINADOS EM CONFINAMENTO COM DIETAS DE
ALTO GRÃO

Autora: Vanessa Duarte

Orientador: Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 24 de março de 2021.

Prof.ª Dr.ª Ana Guerrero Barrado

Luiz Fernando Costa e Silva

Dr. Luiz Fernando Costa e Silva

ASSINATURA

Prof. Dr. Ivanor Nunes do Prado
Orientador

“Não posso imaginar que uma vida sem trabalho seja capaz de trazer qualquer espécie de conforto. A imaginação criadora e o trabalho para mim andam de mãos dadas; não retiro prazer de nenhuma outra coisa. Esta seria uma receita para a felicidade, se não fosse a idéia terrível de que a produtividade da gente depende inteiramente de nosso modo de sentir. Que há de ser da gente, quando os pensamentos cessarem de aparecer e as palavras adequadas não se apresentarem? Não se pode deixar de tremer diante de tal possibilidade.

É por isso que, embora submetendo-me ao destino como um homem honesto, não deixo de fazer secretamente a minha oração: acima de tudo, que não surja nenhuma doença ou qualquer miséria física que me paralise as faculdades da criação. Como dizia o rei

Macabeth: "Morreremos com as armaduras nos ombros".

– Sigmund Freud –

A

Deus, por ser tudo que acredito e confio e me deu forças para chegar até aqui, guiando meus passos para que eu pudesse enfrentar os momentos difíceis.

Ao

Meu pai Silézio Antonio Duarte, minha mãe Josinete Gomes Ferreira Duarte e meu irmão Vitor Hugo Duarte, que são minha família e sempre me apoiaram e torceram por mim.

Aos

Meus avós Olivia Rueda Duarte (*in memoriam*), Lázaro Duarte, Antonio Gomes Ferreira e Terezinha Miotto Ferreira, pelo amor e apoio.

Ao

Professor Ivanor Nunes do Prado, pelo auxílio e paciência na orientação

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, ao qual confio toda minha vida e caminhada e que me deu forças para realizar esse trabalho, segundo seus planos.

Ao Prof.^a Dr.^a Ivanor Nunes do Prado, pela dedicação na orientação, confiança e todo apoio e ensinamentos oferecidos no decorrer destes anos.

À empresa Alltech do Brasil e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por ter-me possibilitado desenvolver este trabalho, financiando o projeto de pesquisa e bolsa de estudos, respectivamente.

Ao Departamento de Zootecnia, UEM, em especial a todos os professores que muito contribuíram para a minha formação profissional.

Agradecimento, em especial, aos meus amigos, Aylle Medeiros Matos e Murilo Augusto Tagiariolli, que me auxiliaram em todas as etapas do experimento.

Ao funcionário da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), José Carlos da Silva, entre outros, por todo o auxílio, durante a execução do experimento.

Aos meus colegas de pós-graduação do grupo de pesquisa em nutrição de ruminantes e qualidade de carne, Ana Carolina Pelaes Vital, Melina Aparecida Plastina Cardoso, Tatiane Rogelio Ramos, Venício Macedo de Carvalho, Vicente Alfonso Diaz Avila, pelo auxílio durante a condução do experimento.

A todos os estagiários que participaram e auxiliaram no experimento, Amanda Teixeira Mendes, Giovana Pereira Penha, Leonardo dos Santos Andrade e, em especial, à Gabriela Keyla Monteiro Godoy.

Ao Prof. Dr. Rodolpho Martin do Prado, pela atenção e colaboração nos trabalhos científicos.

Ao Luiz Fernando Costa e Silva, pelo auxílio na elaboração e condução do experimento.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

VANESSA DUARTE, filha de Silézio Antonio Duarte e Josinete Gomes Ferreira Duarte, nasceu em Maringá, Paraná, no dia 11 de abril de 1995.

Em março de 2014, ingressou no curso de Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), concluindo-o em fevereiro de 2019.

Em março de 2019, iniciou-se no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na Universidade Estadual de Maringá (UEM), em nível de mestrado, na área de concentração em produção animal, realizando estudos em nutrição de ruminantes (bovinos de corte) e qualidade de carnes.

Em março de 2021, submeteu-se à banca para defesa da dissertação, para receber o título de Mestre em Zootecnia.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
I - INTRODUÇÃO.....	1
II - REVISÃO DE LITERATURA	3
Sistemas de produção de Bovinos de Corte	3
Dieta de Alto Concentrado na Nutrição de Ruminantes	5
Animais Mestiços	6
Aditivos na Alimentação de Ruminantes	7
Monensina Sódica na Alimentação de Bovinos.....	9
Virginiamicina na Alimentação de Bovinos	13
Composto de Microminerais e Leveduras na Alimentação de Bovinos	14
Associação entre Ionóforos e Não-ionóforos	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
III - MONENSIN, VIRGINIAMYCIN AND ADVANTAGE CONFINAMENTO® COMBINATION ON ANIMAL PERFORMANCE AND CARCASS AND MEAT CHARACTERISTICS OS BULLS FED HIGH-GRAIN DIET IN FEEDLOT	29

	viii
ABSTRACT	29
1. INTRODUCTION	30
2. MATERIAL AND METHODS	31
2.1. <i>Ethic committee, local, animals and diets</i>	31
2.2. <i>Feeding behavior activities</i>	33
2.3. <i>Digestibility trial</i>	33
2.4. <i>Chemical analyses</i>	33
2.5. <i>Carcass characteristics</i>	34
2.6. <i>Meat characteristics</i>	34
2.7. <i>Statistical analysis</i>	35
3. RESULTS E DISCUSSION	36
3.1. <i>Animal performance</i>	36
3.2. <i>Feed intake and feed efficiency</i>	37
3.3. <i>Digestibility assay</i>	37
3.4. <i>Animal behavior</i>	38
3.5. <i>Carcass characteristics</i>	40
3.6. <i>Meat characteristics</i>	41
4. CONCLUSION	43
5. REFERENCES	44
IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS	49

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Representação esquemática da parede celular de bactérias Gram-negativas e Gram-positivas.....	11
Figura 2. Modo de ação das leveduras.....	15

LISTA DE TABELAS

	Página
Table 1. Ingredients and chemical composition of experimental diets (DM basis).....	32
Table 2. Performance and feed intake of beef cattle finished in feedlot and fed high-grain diets with monensin, virginiamycin and micro minerals mixture and yeast.....	36
Table 3. Nutrients apparent digestibility of beef cattle finished in feedlot and fed high-grain diets with monensin, virginiamycin and micro minerals mixture and yeast.....	38
Table 4. Behavior of beef cattle finished in feedlot and fed high-grain diets with monensin, virginiamycin and micro minerals mixture and yeast	39
Table 5. Carcass characteristics of beef cattle finished in feedlot and fed high-grain diets with monensin, virginiamycin and micro minerals mixture and yeast	40
Table 6. Meat characteristics of beef cattle finished in feedlot and fed high-grain diets with monensin, virginiamycin and micro minerals mixture and yeast.....	42

RESUMO

Um experimento foi conduzido, com o objetivo de avaliar a combinação da monensina, virginiamicina e Advantage Confinamento[®] sobre desempenho animal, eficiência alimentar, digestibilidade *in situ*, comportamento alimentar e características da carcaça e da carne de bovinos não castrados terminados em confinamento e alimentados com dieta rica em grãos. Um total de 36 bovinos (Europeu vs. Nelore) aos $24 \pm 3,2$ meses de idade e com peso corporal (PC) de $385,5 \pm 3,84$ kg foram utilizados em um delineamento inteiramente casualizado. Os bovinos foram distribuídos em quatro tratamentos, de acordo com o peso inicial. Os bovinos tiveram livre acesso a uma dieta basal composta por 850 g/kg de concentrado e 150 g/kg de silagem de milho e à água durante 84 dias. As quatro dietas experimentais foram: CONT - sem aditivos; MONE - inclusão de 30 mg de monensina/kg de Matéria Seca (MS); MO + VI - inclusão de 30 mg de monensina + 30 mg de virginiamicina/kg de MS; MO + AD - inclusão de 30 mg de monensina/kg de MS + 3,0 g de Advantage Confinamento[®]/100 kg de Peso Corporal (PC). O PC final e o ganho médio diário foram maiores ($P < 0,05$) para os bovinos alimentados com as dietas MO + VI (558,7 kg; 2,02 kg/dia) e MO + AD (554,6 kg; 2,02 kg/dia), intermediário para os bovinos alimentados com dieta MONE (529,3 kg; 1,72 kg/dia) e menor ($P < 0,05$) para os bovinos alimentados com dieta CONT (514,6 kg; 1,57 kg/dia). A ingestão de matéria seca e outros nutrientes foram semelhantes ($P > 0,05$) entre os tratamentos. A conversão alimentar foi melhor ($P < 0,05$) para bovinos alimentados com dietas MO + VI e MO + AD. Os bovinos alimentados com MO + AD e MO + VI passaram mais tempo ruminando, em comparação aos bovinos alimentados com CONT e MONE ($P = 0,034$). O peso e o rendimento de carcaça e espessura de gordura subcutânea foram maiores ($P < 0,05$) para os bovinos alimentados com as dietas MO + VI e MO + AD, respectivamente. Em conclusão, a combinação de monensina e virginiamicina ou

monensina e Advantage Confinamento[®] proporcionam maior desempenho animal e melhor eficiência alimentar.

Palavras-chave: Aditivos, bovinos, nutrição, qualidade da carne

ABSTRACT

An experiment was carried out with the purpose of evaluating the influence of monensin, virginiamycin and Advantage Confinamento[®] on animal performance, feed efficiency, *in situ* digestibility, ingestive behavior activities, and carcass characteristics for bulls finished in feedlot on a high-grain diet. A total of 36 (European vs. Nellore) bulls at 24 ± 3.2 months of age and with a body weight (BW) of 385.5 ± 3.84 kg were used in a completely randomized design. The bulls were distributed into four treatments according to initial BW. The basal diet comprised 850 g/kg concentrate and 150 g/kg corn silage, and it was offered *ad libitum* for 84 days. The four experimental diets were as follows: CONT – without additives; MONE – inclusion of 30 mg/kg of dry matter (DM) of monensin; MO+VI – inclusion of 30 mg/kg of dry matter of monensin + 30 mg/kg dry matter of virginiamycin; MO+AD – inclusion of 30 mg/kg of dry matter of monensin + 3.0 g of Advantage Confinamento[®]/100 kg of Body Weight. Final weight and average daily gain were greater ($P < 0.05$) for bulls fed MO+VI (558.7 kg; 2.02 kg/day) and MO+AD (554.6 kg; 2.02 kg/day) diets, intermediate for bulls fed MONE (529.3 kg; 1.72kg/day) diet and smaller for bulls fed CONT (514.6 kg; 1.57kg/day) diet. Dry matter intake and other nutrients were similar ($P > 0.05$) between the treatments. Feed conversion was improved ($P < 0.05$) in bulls fed MO+VI and MO+AD diets. Bulls fed MO+AD and MO+VI diets spent more time ruminating when compared to bulls fed CONT and MONE diets ($P = 0.034$). The carcasses weights, carcass dressing and fat thickness were higher ($P < 0.05$) for bulls fed MO+VI and MO+AD diets, respectively. In conclusion, the combination of monensin and virginiamycin or monensin and Advantage Confinamento[®] provided higher animal performance and better feed efficiency.

Keyword: Additives, cattle, nutrition, meat quality

INTRODUÇÃO

De modo geral, dietas de ruminantes terminados em confinamento são ricas em concentrados (Rivaroli et al., 2017; Souza et al., 2019). A rápida fermentação do amido no rúmen aumenta o risco de desordens metabólicas (González et al., 2012). Várias e diferentes estratégias são usadas para evitar a acidose ruminal e melhorar o desempenho animal e a eficiência alimentar, incluindo o uso de tampões (Calsamigla et al., 2012), antibióticos (Souza et al., 2018), ionóforos (Zawadzki et al., 2011), propólis (Valero et al., 2014) ou extratos de plantas como, por exemplo, os óleos essenciais (Fugita et al., 2018; Souza et al., 2019).

A monensina sódica é um ionóforo à base poliéster carboxísilico adicionado às dietas de ruminantes, amplamente usada na terminação de bovinos em confinamento para melhorar o desempenho animal e a eficiência alimentar (Goodrich et al., 1984; Duffield et al., 2012). A monensina sódica inibe o crescimento das bactérias Gram-positivas; assim, modulando a dinâmica ruminal e aumentando a eficiência energética, melhorando o metabolismo de nitrogênio e reduzindo o risco de acidose (Schelling, 1984; Nagaraja & Titgemeyer, 2007). No rúmen, a monensina sódica altera as razões dos ácidos graxos voláteis, aumentando o ácido graxo propiônico e reduzindo os ácidos graxos acéticos e butíricos (Nagaraja et al., 2012). Goodrich et al. (1984) revisaram 228 ensaios dos USA, onde o melhoramento na eficiência, na média geral, foi de 7,5% para bovinos suplementados com monensina sódica (246 mg/dia) e um aumento no ganho médio diário de 13,5%. Da mesma forma, na Europa, Wilkinson et al. (1980) reportaram um aumento de 14,0% no ganho médio diário de bovinos terminados em pastagens e suplementados com 200 mg/dia de monensina sódica.

Por outro lado, a virginiamicina é um composto derivado da *Streptomyces virginiae* que inibe o crescimento das bactérias Gram-positivas reduzindo a síntese de proteínas (Cocito, 1983; Coe et al., 1999). A virginiamicina tem sido usada para ruminantes como promotor de crescimento, como evidenciado pelo aumento do desempenho animal, melhora na eficiência alimentar (Montano et al., 2015) e redução na incidência e severidade nos abscessos de fígado (Nagaraja et al., 2012). A adição de virginiamicina na dieta de bovinos aumentou o ganho médio diário (+6,0%), melhorou a eficiência alimentar (+3,6%) e reduziu a incidência de abscessos no fígado (+38%) em sete ensaios sobre a dose-dependência de virginiamicina (Rogers et al., 1995). Da mesma forma, Montano et al. (2015) observaram um aumento no ganho médio diário (+3,3%) e eficiência alimentar (+12%) para bovinos mestiços das raças Brahman vs. Angus, Shorthorn e Charolais terminados em confinamento e alimentados com milho floculado, grãos de destilarias e suplementados com 26 mg/kg da matéria seca de virginiamicina, quando comparado com os bovinos da dieta controle. Ainda, Castagnino et al. (2018) observaram um aumento no ganho médio diário (+14%) e eficiência alimentar (+14%) em bovinos Nelores não castrados alimentados com milho, farelo de soja e suplementado com 25 mg/kg de matéria seca, quando comparado com bovinos alimentados com a dieta controle. Alguns estudos têm evidenciado que a virginiamicina altera a fermentação ruminal, aumenta a proporção de propionato e reduz a produção de ácido lático e metano e a degradação da proteína (Nagaraja & Taylor, 1987; Nagaraja et al., 1987; Fiems et al., 1990).

Vários estudos têm evidenciado que os antibióticos e ionóforos aumentam a digestibilidade aparente, a absorção e a retenção de minerais (Starnes et al., 1984; Kiirk et al., 1985; Greene et al., 1986). Todavia, os resultados não são todos muito consistentes, sugerindo que a ação destes compostos é influenciada por outros fatores como, por exemplo, composição da dieta, ambiente ruminal, idade, condição fisiológica dos animais, entre outros (Nagaraja et al., 2012).

Por outro lado, o sinergismo de ionóforos, antibióticos e minerais sobre o desempenho animal, eficiência alimentar e qualidade da carne de bovinos terminados em confinamento com dieta de alto grão não são bem estudados e os resultados são escassos (Fonseca et al., 2016).

Na realidade, na grande maioria, os estudos conduzidos nas últimas décadas, em toda a parte do mundo, estiveram focados sobre o desempenho animal e a eficiência alimentar dos animais terminados em confinamento (Rotta et al., 2009).

Por outro lado, a sociedade moderna está preocupada com seu bem estar e maior tempo de vida, mas com qualidade (Hocquette et al., 2007). Em razão disso, a sociedade atual está, cada vez mais, procurando um sistema de vida mais saudável, com a prática de mais exercícios, evitar consumo de alimentos não saudáveis, evitar hábitos não adequados à saúde humana. No entanto, a maior preocupação da vida moderna está na alteração nos hábitos alimentares, com alimentos mais saudáveis, alimentos orgânicos e veganismo. Com atenção na mudança dos hábitos alimentares, mais recentemente, alguns estudos objetivaram, além do desempenho animal, avaliar o impacto da inclusão de diferentes aditivos às dietas dos bovinos sobre como, por exemplo, o bem estar animal (Ornaghi et al., 2017; Souza et al., 2019), a qualidade da carne avaliada por instrumentos (Eiras et al., 2016; Rivaroli et al., 2016) e por consumidores (Prado et al., 2016; Guerrero et al., 2018; Vital et al., 2018).

Desta forma, este estudo foi realizado para avaliar o efeito do sinergismo da monensina + virginiamicina e monensina + Advantage Confinamento[®] sobre o desempenho animal, eficiência alimentar, comportamento animal, características de carcaça e carne de bovinos jovens mestiços (*Bos taurus* vs. Nelore) terminados em confinamento e alimentados com dietas de alto grão.

REVISÃO DE LITERATURA

Sistemas de produção de bovinos de corte

A produção brasileira de carne bovina é predominantemente baseada em sistema de pastagem, representando cerca de 90% do total da produção (ANUALPEC, 2020; Ferraz & Felício, 2010). A utilização deste sistema é devido às condições favoráveis encontradas no território como, grandes extensões territoriais, muitas vezes advindas de desflorestamentos, baixo custo das terras, comparados a outro países que competem com o Brasil na produção de carne bovina (Moreira & Prado, 2010); além do baixo investimento para execução do sistema de produção (Ferraz & Felício,

2010). El-Memari Neto (2006) agrupou os sistemas de produção de bovinos de corte de acordo com o “regime alimentar”, devido à grande variabilidade do sistema de produção de carne bovina. Nesse sentido, classificou em sistemas extensivos – regime exclusivo de pastagens; sistema semi extensivo – pastagem e suplementação proteico-energética; sistema intensivo – animais estritamente confinados. recebendo dietas balanceadas.

A alimentação dos ruminantes em pastejo está sujeita a variações climáticas ao longo do ano, causando oscilações na quantidade de massa forrageira produzida, assim como na qualidade da forragem (Figueiras et al., 2015; Moreira et al., 2004). A época seca do ano (outono – inverno) é a fase mais crítica, na qual os animais se alimentam de forrageira com baixo valor nutricional, níveis de fibra indigestível elevados e baixos níveis de proteína (Figueiras et al., 2015; Moreira et al., 2004). Esse conjunto de fatores indesejáveis limita o consumo dos animais, e conseqüentemente, a produtividade (Maggioni et al., 2009; Mertens, 2007). Portanto, no período primavera – verão, quando há alta produção forrageira, ocorre elevado desempenho animal e, no período de outono/inverno, quando há produção limitada de pastagens, retarda o crescimento animal ou provoca, até mesmo, perdas de peso (Prado, 2010).

O mercado mundial de carne tem se modernizado e buscado cada vez mais técnica para atender o consumidor, além da busca por um sistema mais produtivo e eficiente (El-Memari Neto, 2006). Nesse contexto, o sistema de terminação em confinamento cresceu em 55% (ANUALPEC, 2020). A prática de confinamento, como estratégia alimentar proporciona maior taxa de lotação, (com arroba mais cara) que os regimes de pastejo, com vantagens de: redução da idade de abate, produção de carne de melhor qualidade, aumento do desfrute, reduzindo a ociosidade dos frigoríficos na entressafra, maior giro de capital, melhor aproveitamento das áreas de pastagens para outras categorias animais e elevada produção de adubo orgânico (Prado & Moreira, 2002). Entretanto, para a produção em confinamento, os gastos com alimentação são altos, pois os animais saem de um sistema onde o alimento é exclusivamente composto por forragem e entram em um sistema onde a alimentação é composta basicamente por alimentos concentrados e baixo nível de fibra (Restle et al., 2007).

Dietas de alto concentrado na nutrição de ruminantes

Como visto anteriormente, uma estratégia para redução dos riscos vindos das condições climáticas encontradas na produção a pasto, a implantação de confinamentos poderia ser uma boa solução (Ferreira et al., 2004). Desta forma, os animais saem de uma alimentação composta exclusivamente de forragens e passam a consumir alimentos concentrados e com baixos teores de fibras (Maggioni et al., 2009).

O milho é a principal fonte de grãos utilizadas em confinamentos brasileiros (88%), dos quais 97% é do tipo Flint e 58% passa por processo de quebra do grão, sendo que o nível de inclusão de concentrados na dieta varia de 70-90% (Fugita et al., 2018; Monteschio et al., 2017; Rivaroli et al., 2017). Dentre as fontes de volumosos, a silagem de milho é a mais utilizada, seguida de silagem de sorgo, bagaço de cana, cana de açúcar fresca picada e silagem de capim Elefante (Santos & Zanine, 2007). A maioria dos bovinos terminados em confinamentos é macho (84,5%), sendo 55,2% mestiços que permanecem por um período de terminação de 90 dias. Quanto ao uso de aditivos na dieta de terminação, 99% utilizam; sendo eles ionóforos, leveduras e probióticos (Oliveira & Millen, 2014; Zawadzki et al., 2010).

Uma pesquisa realizada nos EUA (Vasconcelos & Galyean, 2007) evidenciaram que 65% dos nutricionistas recomendam de 70 a 85% de grãos em dietas de acabamento, com a maioria desses grãos processados em flocos, mostrando que os confinamentos brasileiros podem melhorar bastante a eficiência da utilização de grãos, bem como níveis de inclusão. O aumento dos níveis de concentrado nas dietas causa menor inclusão de volumosos, aumentando a taxa de degradação do rúmen, sugerindo, dessa forma, que os grãos menos processados ajudam a reduzir a acidificação excessiva do rúmen (Vasconcelos & Galyean, 2008). Conforme o aumento nas operações de confinamento, menor deve ser o nível de inclusão de volumosos nas dietas de acabamento, pois diminui os custos operacionais, bem como facilita a logística de toda a operação (Oliveira & Millen, 2014).

Em uma dieta de confinamento, os bovinos são submetidos aos alimentos ricos em carboidratos rapidamente fermentáveis (grãos em geral; Missio et al., 2010) ou são rapidamente passados de uma dieta de alta proporção de forragem, para outra de elevado teor de concentrado, acarretando em uma série de mudanças ruminais como: o aumento da disponibilidade de glicose livre, estímulo no crescimento de diversas bactérias, aumento da produção de AGCC e do ácido lático, redução do pH e da motilidade do

rúmen, o que pode desencadear uma série de processos fisiológicos, que também podem resultar em um quadro de acidose (Hossain, 2020; Owens et al., 1998).

A fermentação dos nutrientes da dieta que ocorre no rúmen pela ação dos microrganismos, resulta em produtos finais como ácidos graxos voláteis e proteína microbiana, os quais serão utilizados pelos ruminantes para crescimento (Berchielli et al., 2011). Alguns desses produtos, como o gás metano e a amônia, representam perdas dietéticas indesejáveis, tanto de energia, como de proteína do alimento, além de estarem associados com problemas ambientais, como contaminação de aquíferos e liberação de gases de efeito estufa (Dellaqua, 2020). Tudo isso, para diminuir a eliminação dos produtos não benéficos ao meio ambiente, oriundos da fermentação ruminal, tais como o nitrogênio e o gás metano, e garantir que todos os nutrientes fornecidos pela dieta sejam aproveitados pelos animais de forma satisfatória, evitando gastos abusivos e desnecessários com a alimentação e melhorando, assim, a eficiência e o desempenho animal. Alguns estudos com produtos que atuam como moduladores da fermentação ruminal, tais como os aditivos, vêm sendo alvo de pesquisas (Dellaqua, 2020; Zawadzki et al., 2010). Em relação aos aditivos para a alimentação animal, os ionóforos são os principais utilizados na dieta de acabamento no Brasil, conforme relatado por Millen et al. (2009).

Animais mestiços

O rebanho brasileiro é composto, em sua maioria, por zebuínos, tendo-o como principal grupo genético do rebanho comercial, por serem consideradas as mais rústicas e adaptadas, dentre as raças zebuínas (Euclides Filho et al., 2002). A raça Nelore apresenta maior importância, sendo considerada a raça mais numerosa do Brasil, apresentando papel importante na pecuária de corte por sua rusticidade e adaptabilidade às características climáticas e elevado desafio nutricional (Ferraz & Felício, 2010). O cruzamento com raças bovinas de origem europeia tem sido uma tecnologia adotada na pecuária de corte brasileira. A utilização de cruzamentos entre raças com diferenças genéticas visa à exploração da heterose e da complementaridade entre as raças.

Segundo estudo realizado por Rotta et al. (2009), os cruzamentos entre raças é uma tecnologia que visa garantir a sustentabilidade ao sistema de produção, aumentando a variabilidade genética e eficiência produtiva por meio de raças especializadas,

explorando a complementariedade entre as raças e a heterose, atendendo às diferentes demandas mercadológicas. Nos cruzamentos industriais, normalmente, tem-se recomendado como linha paterna o uso de raças europeias, que apresentam bons ganhos de peso e boas qualidades de carcaça e carne e, para a linha materna, as raças zebuínas têm sido as mais indicadas por apresentarem melhor adaptação ao ambiente tropical, rusticidade, menores exigências de manutenção e habilidade materna (Perotto et al., 1998; Rotta et al., 2009).

Na pecuária brasileira, o uso de cruzamentos entre raças zebuínas e taurinas tem sido utilizado para melhorar desempenho zootécnico dos zebuínos que são adaptados às condições climáticas do país, melhorando a deposição de gordura e maciez de carne, já que os taurinos apresentam maior deposição de gordura (Prado et al., 2009; Prado, et al., 2008; Prado et al., 2008).

Aditivos na alimentação de ruminantes

Dos custos de produção em um sistema de confinamento, cerca de 70% corresponde à alimentação. Assim, para alcançar maior lucratividade, é necessário garantir que os nutrientes, fornecidos pela dieta, além de serem fornecidos em quantidades ideais, sejam bem aproveitados pelos animais (Zawadzki et al., 2010). Para que ocorra uma eficiência na produção, alguns aditivos são incorporados às dietas, como o caso de monensina, virginiamicina, óleos essenciais, microminerais, sendo eles em sua maioria não nutritivos, com o objetivo de melhorar o balanceamento dos nutrientes do alimento (Bergen & Bates, 1984; Valero et al., 2011).

O aprimoramento da eficiência na produção, geralmente está atrelada a processos que altere, aumentando ou diminuindo, o metabolismo normal do rúmen ou seja, manipulando a fermentação ruminal, visando aumentar a digestibilidade da fibra, maior aproveitamento do ácido propiônico, manutenção do pH, redução de metanogênese, proteólise ruminal e desaminação de aminoácidos, entre outras, por meio de vias indiretas da manipulação dos alimentos (tratamentos químico, físico e biológico) ou pelo método direto, pelo incremento de aditivos que regulam os processos fermentativos e aumentam a eficiência da utilização dos nutrientes (Nagaraja et al., 2012; Stivari et al., 2014).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil, classifica aditivos segundo a Instrução Normativa nº13/2004 que os define como “substância, microrganismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente aos produtos, que não é utilizado normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais sadios ou atenda às necessidades nutricionais”. Os aditivos são classificados como: a) tecnológicos – qualquer substância adicionada ao produto destinado à alimentação animal com fins tecnológicos (adsorventes, aglomerantes, antiaglomerantes, antioxidantes, antieméticos, conservantes, emulsificantes, estabilizantes, espessantes, gelificantes, reguladores de acidez, umectantes), b) sensoriais - qualquer substância adicionada ao produto para melhorar ou modificar as propriedades sensoriais destes ou as características visuais dos produtos (corantes e pigmentantes, aromatizantes e palatabilizantes), c) nutricionais – toda substância utilizada para manter ou melhorar as propriedades nutricionais do produto (vitaminas, micro minerais, aminoácidos e ureia) e d) zootécnicos – toda substância utilizada para influir positivamente na melhoria do desempenho dos animais (digestivos – enzimas e ácidos orgânicos, equilibradores de flora intestinal – probióticos, prebióticos, simbióticos, ácidos orgânicos, nutracêuticos, melhoradores de desempenho – antibióticos, ionóforos, repartidores de nutrientes, hormônios, botânicos – ervas, especiarias, extratos vegetais e óleos essenciais.

Dentre os vários tipos de aditivos, os promotores de crescimento podem ser classificados de acordo com seu mecanismo de ação em não ionóforos e ionóforos, sendo esse último o mais comumente utilizados na bovinocultura de corte. A partir de 1970, os ionóforos foram aprovados pelo “Food and Drug Administration” (FDA, 2015), nos EUA e têm sido usados na alimentação de ruminantes, sendo que a monensina sódica foi liberada para uso em 1976 e a lasalocida em 1982 (Schelling, 1984). Já o uso de não ionóforos, como promotores de crescimento, como a virginiamicina, é mais recente e tem apresentado efeitos positivos sobre o ganho de peso e eficiência alimentar de ruminantes (Benatti et al., 2017; Coe et al., 1999; Neumann et al., 2020; Rigueiro et al., 2020).

Em geral, esses componentes não são suplementos de nutrientes essenciais para os ruminantes. No entanto, são usados com foco no aumento da eficiência da produção, pela melhoria do processo de fermentação no rúmen e redução da ocorrência de enfermidades, particularmente as de origem metabólicas (Rangel et al., 2008).

Os ionóforos estão entre os aditivos mais utilizados para produção de bovinos; porém, sua utilização como promotores de crescimento, tem sofrido restrições pelos países da União Europeia, devido a possíveis resíduos nos produtos de origem animal e à possibilidade de resistência cruzada com bactérias causadoras de patologia humana, o que levou a proibição do uso da monensina sódica, no ano de 2006 (Directiva 1831/2003/CEE) pela EFSA (Autoridade Europeia da Segurança do Alimento). Entretanto, a ANVISA aponta que decisões em relação à regulamentação do uso de aditivos no Brasil devam ser baseadas em evidências científicas para que não haja confusões entre restrição e competição dos produtos de origem animal.

Os mecanismos de ação de antibióticos ionóforos e não ionóforos ainda não são completamente elucidados e se baseiam em estudos clássicos (Bergen & Bates, 1984; Cocito, 1979; Martineau et al., 2007; Russel & Strobel, 1989; Spears, 1990).

Monensina sódica na alimentação de bovinos

Os ionóforos são produtos da fermentação de *Streptomyces* e são ácidos orgânicos com uma variação de pKa entre 6,4 a 6,6, pouco solúveis em soluções aquosas com exterior da molécula hidrófoba; porém, são solúveis em solventes orgânicos e altamente lipofílicos, com peso molecular variando de 500 a 2000 Daltons. A monensina sódica tem a seguinte fórmula: $C_{34}H_{61}O_2Na$ com peso molecular de 692 Daltons e a lasalocida: $C_{34}H_{53}O_2Na$ com um peso molecular de 612,8 Daltons. Estes têm uma estrutura convencional de poliésteres com composição química variada (Rangel et al., 2008).

Ionóforos são substância que interagem com íons e cátions (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) e agem como transportadores para estes íons através da membrana celular (Russel & Strobel, 1989). A monensina sódica media primeiro o Na^+ , pois sua afinidade a este íon é dez vezes maior do que ao K^+ e não tem afinidade por íons bivalentes. Já a lasalocida tem uma maior afinidade para o K^+ e uma menor atração pelo Ca^{2+} e Na^+ (Martineau et al., 2007; Pressman et al., 1967).

Estudos mostram que ionóforos são substâncias capazes de proteger e deslocar as cargas de íons, formando complexos com cátions, facilitando assim seus movimentos através da membrana celular, já que a superfície da membrana é composta por lipídeos e, uma grande quantidade de energia seria necessária para transpô-las (Bergen & Bates, 1984).

Schelling (1984) descreve que a ação catalisada pelos ionóforos na troca iônica, depende da afinidade do cátion pelo ionóforo, do pH, do gradiente de concentração e do mecanismo pelo qual ocorre o deslocamento do íon. A ação dos ionóforos sobre as bactérias ruminais é mantida pelo mecanismo de bomba iônica, relacionado com a resistência na estrutura da parede celular que regula balanço químico entre o meio interno e externo da célula. O ionóforo, ao se ligar ao cátion de maior afinidade, transporta-o pela membrana celular para dentro da bactéria. E esta, por meio do mecanismo da bomba iônica, na tentativa de manter sua osmolaridade, utiliza sua energia, de forma excessiva, até reduzir suas reservas, o que afeta o crescimento das bactérias Gram-positivas e favorece o das bactérias Gram-negativas.

A troca entre o cátion e o próton (H^+), mediada pelo ionóforo é descrita por Bergen & Bates (1984), onde o início do ciclo de transporte ocorre quando a forma aniônica do ionóforo liga-se à superfície da membrana, onde é estabilizado pelo ambiente polar da mesma. Como um ânion, o ionóforo é capaz de ligar-se a um íon, um metal catiônico, iniciando a formação de um ciclo lipofílico cátion-ionóforo, que pode se difundir para o interior da célula. A monensina sódica e a lasalocida se encaixam nesta categoria. Os ionóforos devem estar numa forma aniônica antes de serem capazes de ligar-se ao cátion e a difusão através da membrana não poderá ocorrer, a menos que o ionóforo exista na forma protonada (H^+) ou na forma cátion-aniônica. Têm sido descritos que o principal mecanismo de ação dos ionóforos para melhorar a eficiência alimentar dos ruminantes está relacionado às mudanças na população microbiana do rúmen. As bactérias Gram negativas são mais resistentes aos ionóforos do que as Gram positivas, por apresentarem em sua constituição uma membrana externa de proteção (Figura 1) e são produtoras de ácido propiônico; enquanto que, as Gram-positivas são menos resistentes e produzem ácido acético, butírico e láctico, H_2 e metano (Henderson et al., 1981; J B Russell & Strobel, 1989). Este mecanismo foi proposto por Russell (1987), em relação à ação da monensina sódica sobre a bactéria *Streptococcus bovis*, Gram-positiva, sensível à droga, que teve o seu crescimento inibido. Esta ação foi atribuída à característica morfológica da sua parede celular, pois não possui uma membrana externa, permitindo, assim, este tipo de troca iônica, provocado pelo ionóforo que aumenta o fluxo de cátions através de sua membrana e altera todo o equilíbrio energético celular.

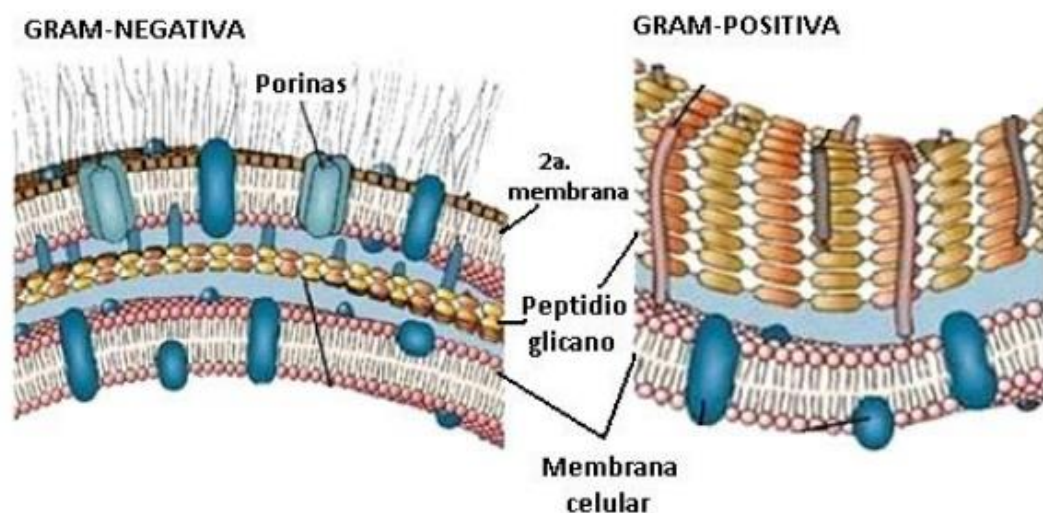


Figura 1. Representação esquemática da parede celular de bactérias Gram-negativas e Gram-positivas. Fonte: Morais et al. (2006).

Os ionóforos carregam cátions para o interior de células bacterianas de forma seletiva, favorecendo o crescimento das Gram-negativas que são produtoras de propionato em detrimento das Gram-positivas, produtoras de acetato, butirato, lactato, formato e hidrogênio – precursores de metano e de algumas proteolíticas e deaminadoras de aminoácidos, favorecendo o padrão fermentativo e a produção de energia a partir da dieta. Podem promover a prevenção de desordens metabólicas como: acidose, cetose e timpanismo e, também de pneumonia intersticial atípica. Os melhores resultados em bovino de corte foram obtidos quando usado junto a dietas ricas em concentrados devido, principalmente, à melhoria da conversão alimentar, contribuindo, positivamente para a melhoria da razão custo-benefício (Rangel et al., 2008).

Segundo estudos de McGuffey et al. (2001), os ionóforos são usados comercialmente em todo o mundo na produção de carne bovina, sendo que a eficiência da produção é aumentada por meio da alteração da fermentação ruminal e do controle dos protozoários que causam coccidiose (Schelling, 1984). Os ionóforos atuam interrompendo o movimento transmembranário e o equilíbrio intracelular de íons em certas classes de bactérias e protozoários que habitam o trato gastrointestinal. As ações dos ionóforos fornecem uma vantagem competitiva para certos microrganismos em detrimento a outros. Em geral, o metabolismo dos microrganismos selecionados favorece o animal hospedeiro. O metabolismo da energia é aprimorado por meio do aumento da

produção de propionato entre os ácidos graxos ruminais com uma redução concomitante do metano (Zotti & Paulino, 2009). A degradação ruminal de peptídeos e aminoácidos é reduzida, aumentando, assim, o fluxo de proteínas de origem dietética para o intestino delgado (Nagaraja et al., 2012). O fluxo total de proteína para o trato inferior costuma aumentar com a alimentação de ionóforo. O risco de distúrbios digestivos, como inchaço e acidose, resultante de fermentação anormal do rúmen é reduzido, assim, como certas condições causadas por produtos tóxicos da fermentação, por exemplo, 3-metil indol. As digestibilidades da matéria seca e do nitrogênio são aumentadas com ionóforos, proporcionando benefícios ambientais.

A monensina é usada como modelo de ionóforo para a manipulação da função ruminal, sendo consolidada em sete categorias ou modos de ação do sistema. Entre elas, a modificação da produção de ácidos graxos voláteis, a ingestão modificada de ração, mudança na produção de gás, contribuindo apenas com uma economia limitada de energia. As digestibilidades modificadas são provavelmente bastante variáveis como modo de ação, mas podem ser um fator significativo. Mudança na utilização da proteína, resultando em vários fatores que estão ocorrendo simultaneamente, modificação do enchimento ruminal e da taxa de passagem são importantes para causar a ocorrência de modos de ação mencionados anteriormente. E uma sétima categoria, incluindo várias respostas de monensina que são mais indiretas ao rúmen, ou de natureza esporádica. O aumento da produção animal com o uso de monensina ocorre como resultado desses vários modos de ação do sistema, que provavelmente agem em conjunto (Schelling, 1984).

A suplementação com ionóforos proporciona melhorias na produtividade de bovinos, devido a um efeito secundário induzido por inibição do crescimento de bactérias ruminais Gram-positivas (Bergen & Bates, 1984), que irá modular o rúmen, aumentando a eficiência energética pelo aumento do ácido propiônico, redução de ácidos butírico e acético, proporcionando um melhor metabolismo do nitrogênio e reduzindo o risco de acidose (Nagaraja et al., 2012; Nagaraja & Titgemeyer, 2007; Schelling, 1984). A eficácia de ionóforos está relacionada à composição da dieta, o que irá refletir na concentração de cátions e na proporção destes (por exemplo, Na^+ para K^+) no fluido ruminal (Russel & Strobel, 1989).

Virginiamicina na alimentação de bovinos

A virginiamicina é um composto derivado de *Streptomyces virginiae* que inibe o crescimento de bactérias Gram-positivas interrompendo a síntese de proteínas (Cocito, 1983; Coe et al., 1999). A virginiamicina é uma mistura de dois componentes diferentes, fator M (grupo das estreptograminas A) e fator S (grupo das estreptograminas B). Os dois componentes (A e B) peptídeos, inibem sinergicamente o crescimento de células bacterianas Gram-positivo (Cocito, 1979). Individualmente, os componentes A e B são bacteriostáticos, enquanto combinados são bactericidas (Cocito, 1983). A atividade inibidora sinérgica das estreptograminas é atribuída às alterações conformacionais na subunidade ribossômica de bactérias Gram-positivo induzida pela ligação de compostos do tipo A, que inibe a síntese de proteína no interior da célula bacteriana. A virginiamicina não possui efeito na maioria das bactérias Gram-negativo devido à impermeabilidade da parede celular (Cocito, 1979). A incubação isolada dos componentes A e B mostrou que a multiplicação da maioria das bactérias Gram-positivo é rapidamente interrompida, mas a proliferação é reiniciada quando as células são transferidas para meio isento de antibiótico. Quando as bactérias são incubadas com uma mistura dos componentes A e B, a contagem de viáveis diminui (Cocito, 1979). A concentração inibitória mínima da virginiamicina em bactérias ruminais medida por Cocito (1979) foi de 0,1 a 5 µg ml⁻¹ para bactérias Gram-positivas e de 5 a 200 µg ml⁻¹ para bactérias Gram-negativas.

A virginiamicina tem sido usada em ruminantes para aumentar o desempenho animal e melhorar a eficiência alimentar (Montano et al., 2015) e reduzir em até 38% a incidência e a gravidade dos abscessos hepáticos (Rogers et al., 1995). A suplementação com virginiamicina na dieta melhorou o ganho médio diário e a eficiência alimentar (Castagnino et al., 2018; Rogers et al., 1995), aumentando o ganho de peso em mestiços terminados em confinamento (Montano et al., 2015). A virginiamicina altera fermentação ruminal, aumentando proporções de propionato e diminuindo a produção de ácido lático, metano e degradação de proteínas (Fiems et al., 1990; Nagaraja et al., 1987; Nagaraja & Taylor, 1987).

Composto de microminerais e leveduras na alimentação de bovinos

Leveduras

Estudos recentes vêm avaliando possibilidades para substituir completamente ou parcialmente o uso de antibióticos promotores de crescimento em bovinos de corte, e, como alternativa, o uso combinado de minerais orgânicos e leveduras vem sendo estudado (Costa, 2004; López-Alonso, 2012; Vohra et al., 2016).

Probióticos, como as leveduras contêm microrganismos que têm sido usados por muitos anos na alimentação humana, na fabricação de pães e cervejas e, portanto, são geralmente aceitos como seguro pelo agricultor e pelo consumidor final (Charles James Newbold et al., 1996). Produtos à base de levedura contêm compostos nutracêuticos (ou seja, β -glucanos, mananoligossacarídeos, nucleotídeos) que geralmente melhoram o desempenho e a saúde do animal, assim como levedura que tem aplicações específicas em alguns alimentos para animais, como a levedura de selênio (fonte concentrada e disponível de selênio) e a levedura *Phaffia rhodozyma* (contém pigmento que melhora a cor da carne em salmão e truta) (Shurson, 2018). Esses produtos à base de levedura apresentam vários benefícios nutricionais à saúde, tornando-se suplementos alternativos na alimentação animal devido às restrições ao uso de promotores de crescimento antimicrobianos em muitos países (Shurson, 2018).

Segundo Broadway et al. (2015), levedura são fornecidas ao gado na forma de levedura viva, parede celular da levedura ou como uma combinação dos dois, sendo que o uso de levedura seca ativa, especificamente *Saccharomyces cerevisiae*, foi proposto como um aditivo alimentar promotor de crescimento para uso em dietas de gado confinado para, potencialmente, substituir o uso de antibióticos em suas dietas (Jouany et al., 1998). Esses produtos à base de levedura aumentam o crescimento, desempenho, ingestão de matéria seca e o ganho médio diário, talvez por meio do estabelecimento de um trato gastrointestinal mais saudável (Stephens et al., 2010). De acordo com Yousri (1982), as leveduras possuem proteínas de alta qualidade (45-55%), carboidratos, lipídeos e vitaminas do complexo B, além de aminoácidos. Newbold et al. (1996) afirmaram que a variabilidade em resposta a *S. cerevisiae* é devido às diferenças na eficácia de diferentes preparações do fermento; porém, a dieta e as demandas nutricionais do hospedeiro também podem ser importantes. Spedding (1991) relatou que *S. cerevisiae* estimulou o

ganho de peso em touros alimentados com uma dieta rica em cereais, em quase 19% enquanto a resposta em touros alimentados com alta forragem na dieta foi de 6,7%. Newbold (1995) notou que as respostas em gado alimentado com silagem de milho tenderam ser mais alto do que as respostas registradas nas tentativas, utilizando dietas à base de silagem de capim.

Os aditivos microbianos para rações de ruminantes possuem três finalidades, sendo a estabilização da flora intestinal (para animais jovens) prevenindo diarreias e proporcionando ganhos de peso; melhorar microflora ruminal adulta, estimulando estrutura ruminal e acelerando o desmame; e em animais adultos apresentando respostas de 7 – 8% na produção de carne e leite, devido à melhor ingestão (quebra rápida de fibra no rúmen e aumento de proteína microbiana), sendo que a levedura parece atuar removendo oxigênio tóxicos para bactérias no rúmen, pois as leveduras não respiratórias não estimulam aumento de contagem viável de bactérias, portanto, com o aumento no número de bactérias, pode haver aumento da síntese de proteína microbiana e auxílio na digestão da fibra, favorecendo a ingestão de matéria seca e ajudando a explicar os efeitos de *S. cerevisiae* na produtividade de ruminantes (Figura 2) (Newbold, 1995).

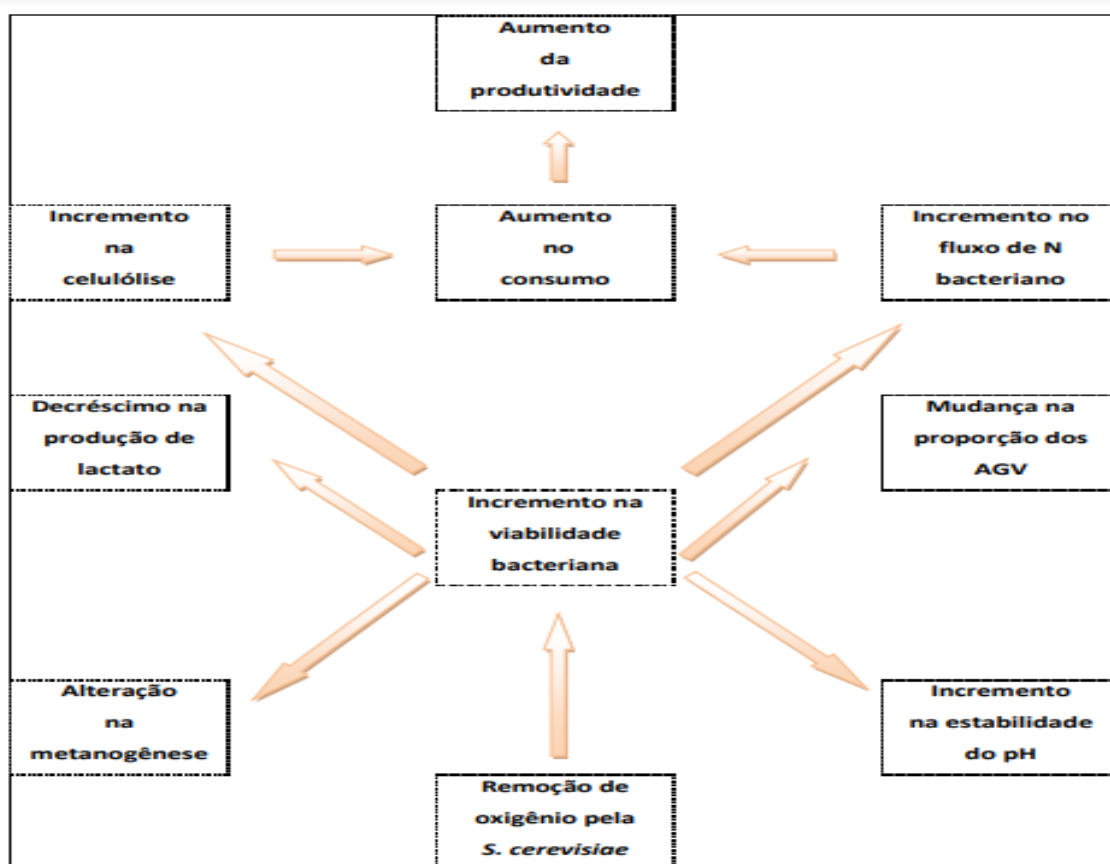


Figura 2. Modo de ação das leveduras. Fonte: Newbold (1995)

Vários estudos que suplementaram levedura às dietas de ruminantes documentaram melhorias no crescimento do ácido láctico, utilizando microrganismos com subsequente redução na concentração de ácido láctico no rúmen, equilibrando o pH ruminal e reduzindo o risco de acidose e distúrbios digestivos relacionados à limitação do crescimento de microrganismos celulolíticos e fibrolíticos, aumentando a ingestão e digestão de fibras e remoção de oxigênio do rúmen aumentando a microflora total (Shurson, 2018).

Segundo Martin & Nisbet (1992), as culturas de leveduras atuam modificando a fermentação ruminal, fornecendo fatores de estímulos às bactérias do rúmen como os ácidos dicarboxílicos – principalmente o ácido málico que favorece o crescimento e a atividade das bactérias utilizadoras de ácido láctico e prevenir flutuações do pH ruminal e a outra forma de atuação é absorvendo o oxigênio que entra no ambiente ruminal, pois as culturas de leveduras têm afinidade por oxigênio e melhoram as condições ruminais para os microrganismos anaeróbios. Na presença de levedura, são estimulados a atividade e o crescimento das bactérias ruminais, principalmente as celulolíticas e, com isso, a taxa de degradação ruminal e a digestibilidade aparente da matéria seca, especialmente da fibra, podem se elevar, além de aumentar a utilização de amônia, a síntese e o fluxo de proteína microbiana para o duodeno, podendo contribuir para melhorar o consumo de MS, a eficiência do metabolismo energético e o desempenho animal (Newbold et al., 1996).

Segundo Martin & Nisbet (1992) *Saccharomyces cerevisiae* pode estimular crescimento da bactéria *Selenomonas ruminantium* que irá consumir ácido láctico produzido por bactérias amilolíticas, transformando-o em ácidos graxos que serão utilizados como energia pelo animal. Segundo Crossland et al. (2019), alimentar o gado de corte com *Saccharomyces cerevisiae* durante o crescimento e terminação ou em momentos estratégicos de estresse alimentar, pode melhorar o desempenho do crescimento (conversão alimentar e GMD) e potencialmente reduzir dias na alimentação, pois a dieta modera o pH ruminal, melhora a digestibilidade e aumenta o desempenho. A manipulação da fermentação ruminal controla alguns processos metabólicos no rúmen (Nagaraja et al., 2012), portanto, a utilização de leveduras pode aumentar a população microbiana de interesse, estabilizar o pH, melhorar a digestibilidade e o consumo de fibra (Desnoyers et al., 2009).

É importante ressaltar que a melhora na lucratividade final com a suplementação de *Saccharomyces cerevisiae* vem dos aumentos de desempenho, juntamente com a diminuição da necessidade de tratamento de doenças, pois o período de recebimento no confinamento pode ser um evento estressante que frequentemente resulta em maior suscetibilidade às doenças e perdas de desempenho; portanto, os suplementos de levedura pode mitigar alguns efeitos negativos desse estresse e melhorar a saúde e o desempenho dos animais modulando e alterando a produção de citocinas e a ativação do sistema imunológico, possivelmente devido aos efeitos de iniciação dos β -glucanos nas células imunológicas assim como melhorando a saúde geral do intestino e modificando a composição do microbioma, influenciando no metabolismo dos animais (Broadway et al., 2015).

Microminerais

Os minerais são nutrientes fundamentais, pois participam do metabolismo animal, compondo estruturas de biomoléculas, interferindo no crescimento e na manutenção dos tecidos, participando como cofatores enzimáticos, ativadores da ação hormonal e como responsáveis pela pressão osmótica e pelo equilíbrio ácido básico (Filappi et al., 2005). Portanto, acarretam acréscimos ou decréscimos na produtividade do sistema.

Os minerais podem ser classificados de diversas formas, de acordo com seus requerimentos e funções desempenhadas no animal. Macrominerais são aqueles necessários em grandes quantidades, enquanto que os microminerais ou minerais traços são exigidos em menores quantidades. Os macrominerais são requeridos em quantidades maiores que 100 ppm (partes por milhão) e são expressos em percentagem da dieta (ou g por kg), sendo que os microminerais são necessários em quantidades menores que 100 ppm e expressos em ppm ou ppb (partes por bilhão) (López-Alonso, 2012; NRC, 2000). Os macrominerais são componentes estruturais dos ossos, tecidos e fluídos corporais, sendo essenciais para manter o equilíbrio ácido-base, a pressão osmótica, o potencial elétrico entre as membranas e a transmissão nervosa. Já a concentração de microminerais, cobalto, cobre, iodo, ferro, manganês, molibdênio, selênio, zinco e cromo e flúor que estão presentes em baixa concentração corporal, são utilizados como componentes das metalo enzimas e cofatores enzimáticos ou em hormônios (NRC, 2000).

Segundo Pedreira et al. (2011) os micros minerais possuem as seguintes funções metabólicas:

1. Ferro - transporte e armazenamento de oxigênio (hemoglobina, mioglobina), transporte de elétrons, componente de enzimas (catalase, triptofano 5-monoxigenase, fenilalanina 4-monoxigenase, aconitase);
2. Zinco - Componente de mais de 70 enzimas (álcool desidrogenase, DNA polimerase, RNA polimerase, anidrase carbônica, carboxipeptidase, piruvato desidrogenase), expressão gênica, estabilidade das membranas;
3. Cobre – Componente de muitas enzimas (lisil oxidase, tirosinase, citocromo oxidase, superóxido dismutase);
4. Iodo - Componente dos hormônios tireoidianos;
5. Manganês - Componente de enzimas (piruvato carboxilase, arginase, superóxido dismutase mitocondrial), ativador enzimático (glicosil transferases);
6. Cobalto – Componente da vitamina B12;
7. Molibdênio - Componente de enzimas (xantina oxidase, sulfito oxidase, aldeído oxidase);
8. Selênio - Componente de enzimas (glutathione peroxidase, iodotironina deiodase tipo I).

Os minerais estão disponíveis para alimentação animal na forma orgânica ou inorgânica (óxidos, sulfatos ou carbonatos). Com o avanço da tecnologia aplicada a produção animal tem se utilizado para alimentação de bovinos os minerais orgânicos ou quelatados. Os minerais orgânicos são combinações de um ou mais minerais com substâncias orgânicas, como aminoácidos, carboidratos ou até mesmo proteína (Pedreira et al., 2011). Esses minerais, na forma orgânica, apresentam maior disponibilidade quando comparados àqueles, na forma inorgânica.

Os minerais orgânicos passam por processos biossintéticos, formando íons metálicos quelatados que serão absorvidos pelos carreadores intestinais de aminoácidos e peptídeos e não pelos clássicos carreadores de minerais, assim, deixando de competir pelo mesmo transportador. Desta forma, ocorre uma maior biodisponibilidade do mineral, aumentando a retenção no organismo e reduzindo a excreção dos mesmos nas fezes, que

potencialmente poluem o meio ambiente, sendo que o uso de minerais orgânicos tem o objetivo de reduzir a interação com os outros minerais no rúmen e, aumentar a absorção no intestino (Alves et al., 2010).

A “Association of American Feed Control Officials” – AAFCO (2001) define os compostos minerais ligados a moléculas orgânicas como:

- Complexo metal aminoácido;
- Quelato metal aminoácido;
- Complexo metal aminoácido específico;
- Metal proteinado;
- Complexo metal-polissacarídeo.

Segundo Pedreira et al. (2011), ao mesmo tempo que os minerais orgânicos podem alterar o desempenho e qualidade da carcaça produzida, pois estão envolvidos no metabolismo de energia e proteína, eles possuem vantagens em relação aos inorgânicos, entre elas uma maior biodisponibilidade; maior absorção; maior retenção; menor eliminação pelas fezes e com isso diminuição da contaminação do meio ambiente; baixa contaminação com metais pesados; mecanismo diferente de absorção dos minerais inorgânicos; não combinação com outros minerais no trato digestivo, impedindo a formação de compostos insolúveis.

Segundo Alves et al. (2010), as vantagens são que o quelato é pequeno e, por isso, é absorvido rapidamente sem entrar no mecanismo competitivo com outros íons à luz do intestino; são compostos minerais mais estáveis, menos vulneráveis às interações minerais adversas na área intestinal; podem garantir a suplementação de microelementos com dosagens inferiores às normalmente utilizadas com os ingredientes inorgânicos, reduzindo os requisitos do nutriente para os animais; têm maior biodisponibilidade, resultando em maior retenção do mineral no organismo; e menor excreção para o meio ambiente, reduzindo os riscos de contaminação.

Associação entre aditivos

Como mostrado anteriormente, o uso de monensina e virginiamicina é bastante importante em terminação de bovinos em confinamentos, pois atuam na fermentação

ruminal, influenciando de forma significativa no desempenho animal. A utilização da combinação entre ionóforos e não ionóforos está sendo estudada, devido à possibilidade de ampliar os efeitos individuais de cada aditivo quando estes estão combinados.

Segundo estudos realizados por Pinto & Millen (2018) houve intensificação na dieta de confinamentos brasileiros, sendo utilizada uma maior inclusão de grãos (51 a 65%), assim com aumento na inclusão de concentrados da dieta (70 a 90%) e a diminuição da quantidade de volumoso (média de 20%) o que torna fundamental utilização de aditivos que mantenham o equilíbrio ruminal e que aumentem o desempenho animal. Devido a esse aumento no uso de concentrados, nota-se um crescimento na utilização de aditivos secundários, como, por exemplo, não ionóforos nas dietas, fato evidenciado por Millen et al. (2009) onde 7% dos confinamentos utilizavam não ionóforos como aditivo secundário e, no estudo feito por (Oliveira & Millen, 2014), 35,3% já utilizavam não ionóforos como aditivo secundário. Visto essa utilização de aditivos secundários em um curto espaço de tempo, mostra a necessidade de estudos da associação entre ionóforos e não ionóforos.

Segundo Nuñez et al. (2008), o uso isolado de ionóforos e virginiamicina pode melhorar o desempenho animal e reduzir a incidência de distúrbios em dietas ricas em grãos, porém estudos sugerem que a combinação entre eles pode ter um efeito aditivo, sendo que esse efeito foi testado em dietas com 73% e 91% de concentrado, com 13 ppm de salinomicina e virginiamicina(0 e 15 ppm) e observou a interação entre os aditivos, reduzindo o consumo de matéria seca e melhorou a eficiência alimentar, resultando em melhor desempenho comparado ao uso apenas de salinomicina.

Em estudo realizado por Neumann et al. (2020), comparando o efeito associativo da monensina sódica à virginiamicina sobre o desempenho de novilhos de corte na fase inicial de confinamento, demonstrou ser eficiente, determinado pelo maior ganho de peso e melhor conversão alimentar.

Shurson (2018) analisou o efeito de diferentes aditivos em dietas com alto concentrado fornecidas a bovinos Nelore e notou que a interação de monensina (30ppm) + virginiamicina(15ppm), promoveu melhor desempenho, ingestão e maior eficiência, comparado ao fornecimento dos aditivos separadamente.

Portanto, nota-se a importância de estudos que mostrem o efeito do sinergismo entre diferentes aditivos, testados em bovinos de corte, além da associação entre microminerais e leveduras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, E. M., Almeida, P. J. P., Viana, P. T., Mendes, F. B., Santana Júnior, H. A., Araújo Neto, A. J., & Silva, G. M. (2010). Minerais orgânicos em dietas para ruminantes. *PUBVET*, 4(10), Art-773.
- ANUALPEC. (2020). *Anuário da Pecuária Brasileira* (20th ed., Vol. 1). Instituto FNP.
- Benatti, J. M. B., Alves Neto, J. A., Oliveira, I. M., Resende, F. D., & Siqueira, G. R. (2017). Effect of increasing monensin sodium levels in diets with virginiamycin on the finishing of Nelore cattle. *Animal Science Journal*, 88(11), 1709–1714. <https://doi.org/10.1111/asj.12831>.
- Berchielli, T. T., Pires, A. V., Oliveira, S. G., & FUNEP. (2011). *Nutrição de Ruminantes* (Issue 2th ed.). FUNEP.
- Bergen, W. G., & Bates, D. B. (1984). Ionophores: their effect on production efficiency and mode of action. *Journal of Animal Science*, 58(6), 1465–1483. <https://doi.org/0.2527/jas1984.5861465x>.
- 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>.
- Calsamiglia, S., Blanch, M., Ferret, A., Moya, D. (2012). Is subacute ruminal acidosis a pH related problem? Causes and tools for its control. *Animal Feed Science and Technology*, 172(1–2):42-50. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.007>.
- Castagnino, P. S., Fiorentini, G., Dallantonia, E. E., San Vito, E., Messana, J. D., Torrecilhas, J. A., Sobrinho, A. G. S., & Berchielli, T. T. (2018). Fatty acid profile and carcass traits of feedlot Nelore cattle fed crude glycerin and virginiamycin. *Meat Science*, 140, 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.02.013>.
- Cocito, C. (1979). Antibiotics of the virginiamycin family, inhibitors which contain synergistic components. *Microbiological Reviews*, 43(2), 145–198. <https://doi.org/10.1128/membr.43.2.145-192.1979>.
- Cocito, C. (1983). Properties of virginiamycin-like antibiotics (synergimycins), inhibitors containing synergistic components. *Microbiological Review*, 43(2), 145–198.
- Coe, M. L., Nagaraja, T. G., Sun, Y. D., Wallace, N., Towne, E. G., Kemp, K. E., & Hutcheson, J. P. (1999). Effect of virginiamycin on ruminal fermentation in cattle during adaptation to a high concentrate diet and during an induced acidosis. *Journal of Animal Science*, 77(8), 2259–2268. <https://doi.org/77/8/2259>.
- Costa, L. F. (2004). Leveduras na nutrição animal. *Revista Eletrônica Nutritime*, 1(1), 1–6.
- Crossland, W. L., Cagle, C. M., Sawyer, J. E., Callaway, T. R., & Tedeschi, L. O. (2019). Evaluation of active dried yeast in the diets of feedlot steers. II. Effects on rumen pH and liver health of feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 97(3), 1347–1363. <https://doi.org/10.1093/jas/skz007>.
- Dellaqua, J. V. T. (2020). *Padrão de fermentação ruminal e aproveitamento de nutrientes por bovinos Nelore confinados suplementados com virginiamicina e/ou monensina sódica*. Universidade Estadual Paulista (UNESP).
- Desnoyers, M., Giger-Reverdin, S., Bertin, G., Duvaux-Ponter, C., & Sauvant, D. (2009). Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *Journal of Dairy Science*, 92(4),

1620–1632.

- 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.
- Eiras, C. E., Ornaghi, M. G., Valero, M. V., Rivaroli, D. C., Guerrero, A., Prado, I. N. (2016). How does the dietary cottonseed hull affect the carcass characteristics and meat quality of young bulls finished in a high-concentrate diet. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 38(3):301-310. doi:<http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i3.32149>.
- El-Memari Neto, A. C. (2006). *Gestão de sistemas de produção de bovinos de corte: índices zootécnicos e econômicos como critérios para tomada de decisão*. In *V Simpósio de Produção de Gado de Corte*. Universidade Federal de Viçosa.
- Euclides Filho, K., Figueiredo, G. R., Euclides, V. P. B., Silva, L. O. C., Cusinato, V. Q., Euclides Filho, K., Figueiredo, G. R., Euclides, V. P. B., Silva, L. O. C., & Cusinato, V. Q. (2002). Eficiência bionutricional de animais da raça Nelore e seus mestiços com Caracu, Angus e Simental. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(1), 331–334. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982002000200006>.
- FDA. (2015). *Food and Drug Administration of the US, Substances used as GRAS in food*. 21, CFR 184.
- 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>.
- Ferreira, I. C., Silva, M. A., Reis, R. P., Euclides Filho, K., & Figueiredo, G. R. (2004). Análise de custos de diferentes grupos genéticos de bovinos de corte terminados em confinamento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 56(3), 385–391. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-4844223093&partnerID=40&md5=3faa69ff94c8756cccc4d02f1405610a>
- Fiems, L. O., Buts, B., Boucqué, C. V., Demeyer, D. I., & Cottyn, B. G. (1990). Effect of a β -agonist on meat quality and myofibrillar protein fragmentation in bulls. *Meat Science*, 27(1), 29–39. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0309-1740\(90\)90026-3](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0309-1740(90)90026-3)
- Fiems, L. O., Cottyn, B. G., Boucque, V., Vanacker, J. M., Buysse, F. X. Effect of virginiamycin on in vivo digestibility rumen fermentation and nitrogen balance. *Archives of Animal Nutrition*, 40(5–6), 483–489, 1990. doi: <https://doi.org/10.1080/17450399009421081>
- Figueiras, J. F., Detmann, E., Valadares Filho, S. C., Paulino, M. F., Batista, E., Rufino, L. A., Valente, T. P., Reis, W. S., & Franco, M. O. (2015). Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante o período de transição seca-águas recebendo suplementação proteica. *Archivos de Zootecnia*, 64(247), 269–276.
- Filappi, A., Prestes, D., & Cecim, M. (2005). Suplementação mineral para bovinos de corte sob pastejo-revisão. *Veterinária Notícias*, 11(2), 91–98.
- Fonseca, M. P., Borges, A. L. D. C. C., Reis, R., Lage, H. F., Ferreira, A. L., Lopes, F. C. F., Rodrigues, J. A. S. (2016). Intake, apparent digestibility, and methane emission in bulls receiving a feed supplement of monensin, virginiamycin, or a combination. *Animal Production Science*, 56(7):1041-1045.
- 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. Nelore) finished

- in feedlot. *Animal Production Science*, 58(11), 2076–2083. <https://doi.org/10.1071/AN16242>.
- González, L. A., Manteca, X., Calsamiglia, S., Schwartzkopf-Genswein, K. S., Ferret, A. (2012). Ruminal acidosis in feedlot cattle: Interplay between feed ingredients, rumen function and feeding behavior (a review). *Animal Feed Science and Technology*, 172(1–2):66-79. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.009>
- 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.
- Greene, L. W., Schelling, G. T., Byers, F. M. (1986). Effects of dietary monensin and potassium on apparent absorption of magnesium and other macroelements in sheep. *Journal of Animal Science*, 63(6):1960-1967.
- Guerrero, A., Rivaroli, D. C., Sañudo, C., Campo, M. M., Valero, M. V., Jorge, A. M., Prado, I. N. (2018). Consumer acceptability of beef from two sexes supplemented with essential oil mix. *Animal Production Science*, 58(9):1700-1707. doi: <http://dix.doi.org/10.1071/AN15306>.
- Henderson, C., Stewart, C. S., & Nekrep, F. V. (1981). The effect of monensin on pure and mixed cultures of rumen bacteria. *Journal of Applied Bacteriology*, 51(1), 159–169. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1981.tb00920.x>.
- Hocquette, J. F., Tesseraud, S., Cassar-Malek, I., Chilliard, Y., Ortigues-Marty, I. (2007). Responses to nutrients in farm animals: Implications for production and quality. *Animal*, 1(9):1297-1313. doi: 10.1017/S1751731107000602
- Hossain, M. E. (2020). Sub-acute ruminal acidosis in dairy cows: Its causes, consequences and preventive measures. *Journal of Animal and Feed Research*, 10(1), 302–312. <https://doi.org/10.51227/ojafir.2020.41>.
- Jouany, J. P., Mathieu, F., Senaud, J., Bohatier, J., Bertin, G., & Mercier, M. (1998). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* on the digestion of nitrogen in the rumen of defaunated and refaunated sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 75(1), 1–13. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401\(98\)00194-1](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401(98)00194-1)
- Kiirk, D. J., Greene, L. W., Schelling, G. T., Byers, F. M. (1985). Effects of monensin on Mg, Ca, P and Zn metabolism and tissue concentrations in lambs. *Journal of Animal Science*, 60(6):1485-1490. doi: <http://jas.fass.org/content/60/6/1479>.
- López-Alonso, M. (2012). Trace minerals and livestock: not too much not too little. *International Scholarly Research Notices*, 2012, 1–18. <https://doi.org/10.5402/2012/704825>.
- Maggioni, D., Marques, J. A., Rotta, P. P., Zawadzki, F., Ito, R. H., & Prado, I. N. (2009). Ingestão de alimentos. *Semina: Ciências Agrárias*, 30(4), 963–974. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2009v30n4p963>.
- Martin, S. A., & Nisbet, D. J. (1992). Effect of Direct-Fed Microbials on Rumen Microbial Fermentation. *Journal of Dairy Science*, 75(6), 1736–1744. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77932-6](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77932-6)
- Martineau, R., Benchaar, C., Petit, H. V., Lapierre, H., Ouellet, D. R., Pellerin, D., & Berthiaume, R. (2007). Effects of lasalocid or monensin supplementation on digestion, ruminant fermentation, blood metabolites, and milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(12), 5714–5725. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0368>.

- 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.
- Mertens, D. R. (2007). Digestibility and intake. In R. F. Barnes, C. J. Nelson, K. J. Moore, & M. Collins (Eds.), *Forages. The science of grassland agriculture : Vol. 6th ed* (pp. 487–507). Blackwell Publishing Ltda.
- Millen, D. D., Pacheco, R. D. L., Arrigoni, M. D. B., Galyean, M. L., & Vasconcelos, J. T. (2009). A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *Journal of Animal Science*, *87*(10), 3427–3439.
- Missio, R. L., Brondani, I. L., Alves Filho, D. C., Silveira, M. F., Freitas, L. S., & Restle, J. (2010). Comportamento ingestivo de tourinhos terminados em confinamento, alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *39*(7), 1571–1578. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000700025>.
- Montano, M. F., Manriquez, O. M., Salinas-Chavira, J., Torrentera, N., & Zinn, R. A. (2015). Effects of monensin and virginiamycin supplementation in finishing diets with distiller dried grains plus solubles on growth performance and digestive function of steers. *Journal of Applied Animal Research*, *43*(4), 417–425. <https://doi.org/10.1080/09712119.2014.978785>.
- Monteschio, J. O., Souza, K. A., Vital, A. C. P., Guerrero, A., Valero, M. V., Kempinski, E. M. B. C., Barcelos, V. C., Nascimento, K. F., & Prado, I. N. (2017). Clove and rosemary essential oils and encapsuled active principles (eugenol, thymol and vanillin blend) on meat quality of feedlot-finished heifers. *Meat Science*, *130*, 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.002>.
- Morais, J. A. d. S., Berchielli, T. T., & Reis, R. A. (2006). Aditivos. In *Nutrição de Ruminantes* (pp. 539–561).
- Moreira, F. B., & Prado, I. N. (2010). Sazonalidade na produção e qualidade de plantas forrageiras. In I. N. Prado (Ed.), *Produção de bovinos de corte e qualidade da carne* (Vol. 1, pp. 28–34). Eduem.
- Moreira, F. B., Prado, I. N., Cecato, U., Wada, F. Y., & Mizubuti, I. Y. (2004). Forage evaluation, chemical composition, and in vitro digestibility of continuously grazed star grass. *Animal Feed Science and Technology*, *113*(1–4). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.08.009>
- Nagaraja, T. G., Newbold, C. J., Van Nevel, C. J., & Demeyer, D. I. (2012). Manipulation of ruminal fermentation. In P. N. Hobson & C. S. Stewart (Eds.), *The rumen microbial ecosystem* (Vol. 1, pp. 523–632). Black Academic & Professional.
- Nagaraja, T. G., & Taylor, M. B. (1987). Susceptibility and resistance of ruminal bacteria to antimicrobial feed additives. *Applied and Environmental Microbiology*, *53*(7), 1620–1625. <https://doi.org/10.1128/aem.53.7.1620-1625.1987>
- 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.
- Nagaraja, T. G., & Titgemeyer, E. C. (2007). Ruminal acidosis in beef cattle: The current microbiological and nutritional outlook. *Journal of Dairy Science*, *90*(Supp), E17–E38. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-478>.
- Neumann, M., Pontarolo, G. B., Cristo, F. B., Venancio, B. J., Manchur, A. D., Ueno, R. K., de Souza, A. M., Moresco, E. M., & Czelusniak, C. (2020). Associative effect of monensin sodium to virginiamycin on the performance of beef steers in the initial feedlot phase. *Semina: Ciências Agrárias*, *41*(5), 2349–2364.

<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n5Sup1p2349>.

- Newbold, C. James. (1995). Microbial feed additives for ruminants. *Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding*, 259–278. <https://doi.org/10.1002/9783527615353.ch13>.
- Newbold, Charles James, Wallace, R. J., & McIntosh, F. M. (1996). Mode of action of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a feed additive for ruminants. *British Journal of Nutrition*, 76(2), 249–261.
- NRC. (2000). *Nutrient Requirements of Beef Cattle* (7th rev.). Natl. Acad. Press.
- Núñez, A. J. C., Caetano, M., Berndt, A., Demarchi, J. J. A., Leme, P. R., & Lanna, D. P. D. (2008). Uso combinado de ionóforo e virginiamicina em novilhos Nelore confinados com dietas de alto concentrado. *Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo Em Anais de Congresso (ALICE)*, 1, 45.
- Oliveira, C. A., & Millen, D. D. (2014). Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 64–75. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.08.010>.
- Ornaghi, M. G., Passetti, R. A. C., Torrencilhas, J. A., Mottin, C., Vital, A. C. P., Guerrero, A., . 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*, 234274-283. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.10.008>.
- Owens, F. N., Secrist, D. S., Hill, W. J., & Gill, D. R. (1998). Acidosis in cattle: a review. *Journal of Animal Science*, 76(1), 275–286. <https://doi.org/10.2527/1998.761275x>.
- Pedreira, M. S., Berchielli, T. T., & FUNEP. (2011). Minerais. In T. T. Berchielli, A. V Pires, & S. G. Oliveira (Eds.), *Nutrição de Ruminantes* (Vol. 1, Issue 2th ed., pp. 345–368). FUNEP.
- Perotto, D., Cubas, A. C., Moletta, J. L., & Lesskiu, C. (1998). Pesos ao nascimento e à desmama e ganho de peso do nascimento à desmama de bovinos charolês, caracu e cruzamentos recíprocos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 27(4), 730–737. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0000268876&partnerID=40&md5=380a008e41f9836eb9f33fd7d1fa15c1>
- Pinto, A. C. J., & Millen, D. D. (2018). Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: the 2016 Brazilian survey. *Canadian Journal of Animal Science*, 99(2), 392–407. <https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0031>.
- Prado, I. N. (2010). *Produção de bovinos de corte e qualidade da carne* (Vol. 1, Issue 1). Eduem.
- Prado, I. N., Cruz, O. T. B., Valero, M. V., Zawadzki, F., Eiras, C. E., Rivaroli, D. C., Visentainer, J. V. (2016). Effects of glycerin and essential oils (*Anacardium occidentale* and *Ricinus communis*) on the meat quality of crossbred bulls finished in a feedlot. *Animal Production Science*, 55(12):2105-2114. doi: <http://dx.doi.org/10.1071/AN14661>.
- Prado, I. N., & Moreira, F. B. (2002). *Suplementação de bovinos no pasto e alimentos usados na bovinocultura* (Vol. 1). Eduem.
- Prado, I. N., Oliveira, A. N., Rotta, P. P., Perotto, D., Prado, R. M., Silva, R. R., Souza, N. E., & Moletta, J. L. (2009). Chemical and fatty acid composition of Longissimus muscle of crossbred bulls finished in feedlot. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(7), 1054–1059. <https://doi.org/10.5713/ajas.2009.80533>.

- Prado, I. N., Prado, R. M., Rotta, P. P., Visantainer, J. V., Moletta, J. L., & Perotto, D. (2008). Carcass characteristics and chemical composition of the Longissimus muscle of crossbred bulls (*Bos taurus indicus* vs *Bos taurus taurus*) finished in feedlot. *Journal of Animal and Feed Sciences*, *17*(3). <https://doi.org/10.22358/jafs/66609/2008>
- Prado, I. N., Rotta, P. P., Prado, R. M., Visantainer, J. V., Moletta, J. L., & Perotto, D. (2008). Carcass characteristics and chemical composition of the Longissimus muscle of Purunã and 1/2 Purunã vs. 1/2 Canchin bulls. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *21*(9), 1296–1302. <https://doi.org/10.5713/ajas.2008.70708>.
- Pressman, B.-C., Harris, E. J., Jagger, W. S., & Johnson, J. H. (1967). Antibiotic-mediated transport of alkali ions across lipid barriers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *58*(5), 1949–1956. <https://doi.org/10.1073/pnas.58.5.1949>.
- Rangel, A. H. N., Leonel, F. P., Simplício, A. A., & Mendonça Júnior, A. F. (2008). Utilização de ionóforos na produção de ruminantes. *Revista de Biologia e Ciências Da Terra*, *8*(1), 264–273.
- Restle, J., Pacheco, P. S., Costa, E. C., Freitas, A. K., Vaz, F. N., Brondani, I. L., & Fernandes, J. J. D. R. (2007). Apreciação econômica da terminação em confinamento de novilhos Red Angus superjovens abatidos com diferentes pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *36*(4), 978–986. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-34447527243&partnerID=40&md5=67ce153c435d06caba996c9c7e42c6c7>
- 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>.
- Rivaroli, D. C., Guerrero, A., Valero, M. M., Zawadzki, F., Eiras, C. E., Campo, M. M., Prado, I. N. (2016). Effect of essential oils on meat and fat qualities of crossbred young bulls finished in feedlots. *Meat Science*, 121278-284. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.017>.
- Rivaroli, D. C., Ornaghi, M. G., Mottin, C., Prado, R. M., Ramos, T. R., Guerrero, A., Jorge, A. M., & Prado, I. N. (2017). Essential oils in the diet of crossbred (1/2 Angus vs. 1/2 Nellore) bulls finished in feedlot on animal performance, feed efficiency and carcass characteristics. *Journal of Agricultural Science*, *9*(10), 205–212. <https://doi.org/10.5539/jas.v9n10p205-212>.
- Rogers, J. A., Branine, M. E., Miller, C. R., Wray, M. I., Bartle, S. J., Preston, R. L., Gill, D. R., Pritchard, R. H., Stilborn, R. P., & Bechtol, D. T. (1995). Effects of dietary virginiamycin on performance and liver abscess incidence in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, *73*(1), 9–20.
- 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). <https://doi.org/10.5713/ajas.2009.90071>.
- Russel, J. B., & Strobel, H. J. (1989). Effect of ionophores on ruminal fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, *55*(1), 1–6.
- 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, 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.
- Santos, E. M., & Zanine, A. M. (2007). Silagem de gramíneas tropicais. *Colloquium Agrariae*, 2(1), 32–45.
- Schelling, G. T. (1984). Monensin mode of action in the rumen. *Journal of Animal Science*, 58(6), 1518–1527.
- 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>.
- Spears, J. W. (1990). Ionophores and nutrient digestion and absorption in ruminants. *The Journal of Nutrition*, 120(6), 632–638. <https://doi.org/10.1093/jn/120.6.632>.
- Spedding, A. (1991). Effects of yea-sacc» 26 on performance of beef bulls fed cereal or silage beef diets containing monensin. *Biotechnology in the Feed Industry*, 1, 333–336.
- Stephens, T. P., Stanford, K., Rode, L. M., Booker, C. W., Vogstad, A. R., Schunicht, O. C., Jim, G. K., Wildman, B. K., Perrett, T., & McAllister, T. A. (2010). Effect of a direct-fed microbial on animal performance, carcass characteristics and the shedding of *Escherichia coli* O157 by feedlot cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 158(1–2), 65–72. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.04.007>
- Stivari, T. S. S., Raineri, C., Sartorello, G. L., Gameiro, A. H., & Silva, J. B. A. (2014). Aditivos enzimáticos na alimentação de ruminantes: estratégia para a produção animal. *PUBVET*, 8, 1283–1415.
- Souza, K. A., Cooke, R. E., Aschubach, K. M., A. P., B., Schumher, T. F., Prado, I. N., Bohnert, D. W. (2018). Performance, health and physiological responses of newly-weaned feedlot cattle supplemented with feed-grade antibiotics or alternative feed ingredients. *Animal*, 12(12):2521-2528. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731118000551>.
- Souza, K. A., Monteschio, J. O., Mottin, C., Ramos, T. R., Pinto, L. A. M., Eiras, C. E., Prado, I. N. (2019). Effects of diet supplementation with clove and rosemary essential oils and protected oils (eugenol, thymol and vanillin) on animal performance, carcass characteristics, digestibility, and behavior activities for Nellore heifers finished in feedlot. *Livestock Science*, 220190-195. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2018.12.026>.
- Starnes, S. R., Spears, J. W., Froetschel, M. A., Croom Junior, W. J. (1984). Influence of monensin and lasalocid on mineral metabolism and ruminal urease activity in steers. *The Journal of Nutrition*, 114(3):518-525.
- Valero, M. V., Torrecilhas, J. A., Zawadzki, F., Bonafé, E. G., Madrona, G. S., Prado, R. M., Prado, I. N. (2014). Propolis or cashew and castor oils effects on composition of Longissimus muscle of crossbred bulls finished in feedlot. *Chilean Journal of Agricultural and Research*, 74(4):445-451. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392014000400011>.
- 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:Ciencias Agrarias*, 32(4). <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4p1617>.
- Vasconcelos, J. T., & Galvyan, M. L. (2007). Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2007 Texas Tech University survey. *Journal of Animal Science*, 85(10), 2772–2781.
- Vasconcelos, J. T., & Galvyan, M. L. (2008). ASAS Centennial Paper: contributions in the Journal of Animal Science to understanding cattle metabolic and digestive disorders. *Journal of Animal Science*, 86(7), 1711–1721. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-0854>.
- Vital, A. C. P., Guerrero, A., Kempinski, E. M. B. C., Monteschio, J. O., Sary, C., Ramos, T. R., Prado, I. N. (2018). Consumer profile and acceptability of cooked beef steaks with edible and active coating containing oregano and rosemary essential oils. *Meat Science*, 143153-158. doi: <https://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.035>.
- Vohra, A., Syal, P., & Madan, A. (2016). Probiotic yeasts in livestock sector. *Animal Feed Science and Technology*, 219, 31–47. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.05.019>.
- Wilkinson, J. I. D., Appleby, W. G. C., Shaw, D. C. J., Lebas, G., Pflug, R. (1980). The use of monensin in European pasture cattle. *Animal Science*, 31(2):159-162.
- Yousri, R. F. (1982). Single cell protein: its potential use for animal and human nutrition. *World Review Animal Production*, 18(23), 49–67.
- Zawadzki, F., Prado, I. N., Marques, J. A., Zeoula, L. M., Rotta, P. P., Sestari, B. B., 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):16-25.
- Zawadzki, F., Valero, M. M., & Prado, I. N. (2010). Uso de aditivos na dieta de bovinos de corte. In I. N. Prado (Ed.), *Produção de bovinos de corte e qualidade da carne* (Vol. 1, pp. 149–178). Eduem.
- Zotti, C. A., & Paulino, V. T. (2009). *Metano na produção animal: emissão e minimização de seu impacto*. Instituto de Zootecnia.

Monensin, virginiamycin and Advantage Confinamento[®] combination on animal performance and carcass and meat characteristics of bulls fed high-grain diet in feedlot¹

¹Elaborado segundo normas da revista *Animal Feed Science and Technology*

ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the influence of monensin, virginiamycin, Advantage Confinamento[®] and their combination on animal performance, feed efficiency, *in situ* digestibility, feeding behavior, and carcass and meat characteristics for bulls finished in feedlot on a high-grain diet. A total of 36 (European vs. Nellore) bulls at 24 ± 3.2 months of age and with a body weight (BW) of 385.5 ± 3.84 kg were used in a completely randomized design. Animals were distributed into four treatments according to the initial BW. Animals had free access to a basal diet composed by 850 g/kg concentrate and 150 g/kg corn silage, for 84 days. The four experimental diets were: CONT – without additives; MONE – inclusion of 30 mg of monensin/kg of DM; MO+VI – inclusion of 30 mg of monensin + 30 mg of virginiamycin/kg of DM; MO+AD – inclusion of 30 mg of monensin/kg of DM + 3.0 g of Advantage Confinamento[®]/100 kg of BW. Final body weight and average daily gain were greater ($P < 0.05$) for bulls fed MO+VI (558.7 kg; 2.02 kg/d) and MO+AD (554.6 kg; 2.02 kg/d) diets, intermediate for bulls fed MONE (529.3 kg; 1.72 kg/d) diet, and lowest for bulls fed CONT diet (514.6 kg; 1.57 kg/d). Dry matter intake and other nutrients were similar ($P > 0.05$) among treatments. However, feed conversion improved ($P < 0.05$) for bulls fed MO+VI and MO+AD diets. Animals fed MO+AD and MO+VI spent more time ruminating compared to animals fed CONT and MONE ($P = 0.034$). The carcass weight, carcass dressing and backfat thickness were greater ($P < 0.05$) for bulls fed MO+VI and MO+AD diets. Overall, the inclusion of a combination of monensin + virginiamycin (antibiotic) or monensin + Advantage Confinamento[®] results in higher animal performance and improves feed efficiency.

Keywords: additives, cattle, meat quality, nutrition

1. Introduction

Diets for ruminants finished in feedlot system are generally rich in concentrates (Ornaghi et al., 2017; Rivaroli et al., 2017; Souza et al., 2019). The fast rate of starch degradation from these diets increases the ruminal fermentation and the risk of metabolic disorders (González et al., 2012). Several strategies have been used to prevent acidosis, to increase animal performance and improve feed efficiency, including, use of ruminal buffers (Calsamiglia et al., 2012), antibiotic (Souza et al., 2018), ionophores (Zawadzki, 2011), propolis (Valero et al., 2014), plants compounds (Fugita et al., 2018; Monteschio et al., 2019; Ornaghi et al., 2020; Souza et al., 2019), yeast (Brossard & Chaucheyras-Durand, 2006), or organic minerals (Spears, 1996).

Monensin is a carboxylic polyether ionophore widely used in diets of cattle finished in feedlot to increase growth performance and improve feed efficiency (Duffield et al., 2012; Goodrich et al., 1984). Overall, monensin inhibits the growth of gram-positive bacteria, thus modulating the rumen by increasing energy efficiency through propionic acid increase, butyric and acetic acids reduction, improving nitrogen metabolism, and reducing acidosis risk (Nagaraja et al., 2012; Nagaraja & Titgemeyer, 2007; Schelling, 1984). Goodrich et al. (1984) reported a summary using 228 trials in the USA where there was an average feed efficiency improvement of 7.5% in cattle supplemented with monensin (246 mg/day) and 13.5% of increased weight gain. In Europe, Wilkinson et al. (1980) reported increase of 14% in weight gain of cattle fed in pasture supplemented with 200 mg/day of monensin.

Virginiamycin is a compound derived from *Streptomyces virginiae* that also inhibits growth of gram-positive bacteria by disrupting protein synthesis (Cocito, 1983; Coe et al., 1999). Virginiamycin has been used for ruminants to increase animal performance and improve feed efficiency (Montano et al., 2015) and decreased incidence and severity of liver abscesses (Nagaraja et al., 2012). Dietary virginiamycin supplementation improved average daily gain (ADG) by +6.0% and feed efficiency by +3.6%, and reduced the incidence of liver abscess by -38% in seven dose-response studies (Rogers et al., 1995). Montano et al. (2015) reported increased weight gain (+3.3%) and feed efficiency (+12%) when crossbred (Brahman, Angus, Shorthorn and Charolais) were finished in feedlot and supplemented with steam-flaked corn, distillers dried grains plus soluble and virginiamycin (26 mg/kg of DM) compared to bulls fed a control diet. Castagnino et al. (2018) observed increased weight gain (+14%) and feed efficiency (+14%) in Nellore

bulls supplemented with ground corn, soybean meal and virginiamycin (25 mg/kg of DM) compared to bulls fed with control diet. Virginiamycin alters rumen fermentation by increasing proportions of propionate, decreasing lactic acid, methane production and protein degradation (Fiems et al., 1990; Nagaraja et al., 1987; Nagaraja & Taylor, 1987).

Varies studies have provided evidence that ionophores affect digestibility, absorption, and mineral retention (Greene et al., 1986; Kirk et al., 1985; Starnes et al., 1984). However, the results have not been consistent, suggesting that this is influenced by other factors such as diet composition, environmental and animal physiological conditions. On the other hand, studies on the synergisms of ionophore, antibiotic and mineral complex combination on animal performance, feed efficiency and carcass characteristics are scarce (Fonseca et al., 2016).

The hypothesis of this study was that a mixture of monensin, virginiamycin and Advantage Confinamento[®] could have a synergistic effect on the animal performance and meat characteristics of bulls finished in feedlot. Therefore, an experiment was carried out to evaluate the inclusion effect of monensin, monensin + virginiamycin and monensin + Advantage Confinamento[®] (micro minerals mixture and yeast) on animal performance, feed intake and efficiency, animal behavior, and carcass and meat characteristics of bulls finished in feedlot and fed high-grain diet.

2. Material and methods

2.1. Ethic committee, local, animals and diets

All animal care and experimental procedures were conducted under the surveillance of the Animal Care and Use Committee of the Universidade Estadual de Maringá, Brazil and met the guidelines of the National Council for the Control of Animal Experimentation (CONCEA).

A total of 36 (European vs. Nellore) bulls with 20 ± 3.2 months of age and body weight (BW) of 385.5 ± 3.84 kg were used in a completely randomized design. The bulls were weighed at the beginning of the experiment and were housed to 10 m² individual pens, that were partially covered and has concrete floors.

The acclimation period to experimental conditions lasted two weeks, during which the concentrate distribution was increased daily. The basal diet comprised of 850 g/kg concentrate and 150 g/kg corn silage, and it was offered from five to six times a day to avoid orts for 84 days. The bulls were weighed in fasting every 28 days to evaluate BW gain, while feed intake was recorded daily. The basal diet was similar for all animals, formulated to have the same amount of nitrogen and energy (Table 1) according to Valadares Filho et al. (2016). The bulls were distributed into four treatments according to initial BW. The four experimental diets were as follows: CONT – without additives; MONE – inclusion of 30 mg of monensin/kg on DM basis; MO+VI – inclusion of 30 mg of monensin/kg on DM basis + 30 mg of virginiamycin /kg on DM basis; and MO+AD – inclusion of 30 mg of monensin/kg on DM basis + 3 g of Advantage Confinamento[®]/100 kg of BW.

Table 1. Ingredients and chemical composition of experimental diets (DM basis)

Ingredients	Diets			
	CONT ¹	MONE ²	MO+VI ³	MO+AD ⁴
Corn silage	17.108	17.469	16.761	16.723
Corn cracked	74.374	73.493	74.239	74.461
Soybean meal	7.007	7.155	6.865	6.849
Limestone	0.410	0.418	0.401	0.400
Urea	0.432	0.441	0.423	0.423
Mineral salt ⁶	0.669	0.683	0.655	0.654
Monensin	0.000	0.341	0.328	0.327
Virginiamycin	0.000	0.000	0.328	0.000
Advantage Confinamento ^{®5}	0.000	0.000	0.000	0.163
Chemical composition				
Dry matter	67.78	67.42	68.13	68.16
Crude protein	13.96	14.01	13.82	13.83
Organic matter	92.69	92.35	92.10	92.27
Total digestible nutrients	82.46	82.00	82.02	82.19
Neutral detergent fiber	18.71	18.83	18.48	18.48
Acid detergent fiber	8.17	8.26	8.05	8.05
Calcium	0.77	0.77	0.75	0.76
Phosphorus	0.64	0.64	0.63	0.63

¹CONT – without additives; ²MONE – inclusion of 30 mg of monensin/kg on DM basis; ³MO+VI – inclusion of 30 mg of monensin/kg on DM basis + 30 mg of virginiamycin/kg on DM basis; ⁴MO+AD – inclusion of 30 mg of monensin/kg DM (DM basis) + 3 g of Advantage Confinamento[®]/100 kg of BW;

⁵Guarantee levels: iron as Bioplex Fe - 4,000 mg/kg, zinc as Bioplex Zn - 10,000 mg/kg, copper as Bioplex Cu - 3,340 mg/kg, manganese as Bioplex Mn - 6,650 mg/kg, selenium as Sel-Plex - 75 mg/kg, cobalt as Bioplex Co - 88 mg/kg, chromium as Biochrome - 330 mg/kg, glucomannans - 65,160 mg/kg, mannans - 50,670 mg/kg, Saccharomyces cerevisiae strain1026 - 1 x10⁸ CFU/g, Saccharomyces cerevisiae strain 8417 - 1 x10⁸ CFU/g. ⁶Guarantee levels: magnesium - 3,000 mg/kg, sodium - 21,300 mg/kg, sulfur - 1,600 mg/kg iodine - 420 mg/kg

2.2. Feeding behavior activities

Bulls were subjected to a 24-h period of observation with five minutes intervals per observations, totaling 288 observations for each animal. Evaluations were performed by three previously trained evaluators. Bulls were adapted to night lighting for five days prior to the start of the evaluation period. The water and feed intake were measured as the time animals spent drinking and eating at the water cooler and at the feeder respectively. Rumination was measured as the time that animals presented ruminal bolus and was chewing. Idle was measured when animals were idle (Silva et al., 2006). Water and feed intake, rumination and idle periods (minutes/day) were obtained by the sum of the 288 observations.

2.3. Digestibility trial

The apparent nutrient digestibility was evaluated using the indigestible neutral detergent fiber (iNDF) as internal marker according to Zeoula et al. (2002). Samples of feeds and feces were incubated in three rumen cannulated bulls using F57 filter bags (Ankom Technology, NY, USA) for 288 h (Valente et al., 2010). F57 filter bags measured 5.0 × 5.0 cm and had a porosity of 50 mm. A 1 g sample was incubated for concentrates and 0.5 g for silage, feces, and orts. After removing the bags from rumen, they were washed under running water until the water was clear. The bags were subsequently placed to dry in forced air ventilation oven at 60 °C for 48 h and then boiled in a neutral detergent solution (TE-149, Tecnal, SP, Brazil) to estimate the iNDF content. Fecal flow was determined using the following equation:

$$FF = CI/CIF$$

where: *FF* is fecal flow; *CI* is consumed marker; and marker concentration in the feces.

The digestibility coefficient was calculated by the following equation:

$$DC = (NI - NE)/NI$$

where: *DC* is digestibility coefficient; *NI* is nutrient intake; and *NE* is nutrient excreted.

2.4. Chemical analyses

The DM content of the ingredients and diets was quantified by oven-drying at 65 °C for 24 h and then drying at 105 °C for 3 h (Method 930.15) (AOAC, 2005). Ash content was quantified by combustion at 550 °C for 5 h (AOAC, 2005). The organic matter (OM)

content was calculated as the difference between the DM and ash contents. The N content in the samples was determined by the Kjeldahl (Method 976.05) (AOAC, 2005). The neutral (NDF) and acid detergent fiber (ADF) contents were quantified using the methods described by Van Soest et al. (1991) using heat stable α -amylase and sodium sulphite used in the NDF procedure.

2.5. Carcass characteristics

At day 84 of the experimental period, the bulls were weighed after 16-h fasting period and transported to a commercial slaughterhouse (Campo Mourão, Brazil). The truck stocking density was 0.8 ± 0.2 bulls/m² and the transport distance was less than 80 km. The bulls were slaughtered following the usual practices of the Brazilian beef industry. Bulls were stunned using a captive-bolt pistol. Then, they were bled through exsanguinations by cutting the neck vessels. The head, hide, viscera, tail, legs, diaphragm, kidney, and KPH fat were removed. Afterwards, the carcasses were divided medially from the sternum and spine, resulting in two similar halves, which were weighed to obtain the hot carcass weight (HCW). Then, the half-carcasses were washed, identified and stored in a chilling chamber at 4 °C, where they remained for a 24 h, and weighted to obtain the cold carcass weight (CCW). Dripping loss was obtained by the difference between the HCW and the carcass weight observed 24 h later after chilling.

The hot carcass dressing (HCD) percentage was defined as the HCW divided by final body weight (FBW) measured 16 h before slaughter and multiplied by 100. The cold carcass dressing (CCD) percentage was defined as the CCW divided by the FBW measured 16 h before slaughter and multiplied by 100.

2.6. Meat characteristics

Immediately following the slaughter, the organs were removed. Then, the liver was weighed and the presence of abscesses was checked by a veterinarian trained in accordance with Brazilian legislation. After slaughter, the carcasses were chilled at 4 °C for 24 h. The *Longissimus* muscle (LM) was collected from the left half of the carcass from the 7th rib to the last lumbar vertebra and transported to the laboratory for analysis.

At 24 h post-mortem, the LM pH was measured using a digital pH meter (Hanna – HI99163, Romania) with a penetration electrode placed at the point of the 12th lumbar vertebra (data not shown). The pH meter was calibrated at 20 °C using standard pH 4.0 and 7.0 buffers (Valero et al., 2014).

The backfat thickness at the 12th rib cut in the LM muscle was measured using a digital caliper at 24 h post-mortem and averaged over three points (Eiras et al., 2014). Marbling was measured on the LM at the 12th rib cut using the Brazilian scoring system (scale from 1 to 3 points) by a single trained evaluator.

Longissimus muscle area (LMA) was measured with a compensating planimeter with a reading accuracy of 150 mm/6"0.01 mm (King tools, São Paulo – Brazil) on a transverse cut between the 12th and 13th ribs. Muscle width (in cm) and length (in cm) were used to calculate ration between muscle and length (Rivaroli et al., 2017).

The tissue carcass composition was determined by the physical separation of the components (muscle, fat, bone and other tissues – tendons, fascia, and blood vessels) from the 12th rib, and the percentage of each component was calculated as described by Robelin & Geay (1975).

2.7. Statistical analysis

The experimental design was completely randomized (four diets with 8 replications). All parameters were tested for normality using the Shapiro–Wilk test, and presented a normal distribution. Analysis of variance (ANOVA) was performed using the SAS statistical package (Statistical Analysis System, version 8.1). For all variables, statistical model was as follows:

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + a_k + e_{ik}$$

Where Y_{ijk} is the dependent variable, μ is the average, D_i is the fixed effect of the diet (CONT, MONE, MO+VI or MO+AD), a_k is the random effect of the animal, and e_{ik} is the random error.

In the model, the mean and standard error of the mean were calculated. Differences between means were evaluated using Tukey's test ($P \leq 0.05$).

3. Results and discussion

3.1. Animal performance

Final body weight was the highest ($P < 0.036$) for bulls fed MO+VI and MO+AD diets, intermediate for bulls fed MONE diet, and the lowest for bulls fed CONT (Table 2).

Table 2. Performance and feed intake of beef cattle finished in feedlot and fed high-grain diets with monensin, virginiamycin and micro minerals mixture and yeast

Parameters	Diets				SEM ⁵	P-value
	CONT ¹	MONE ²	MO+VI ³	MO+AD ⁴		
Initial body weight, kg	382.9	385.0	389.3	384.9	3.84	0.673
Final body weight, kg	514.6c	529.3b	558.7a	554.6a	6.32	0.036
Average daily gain, kg/d	1.57c	1.72b	2.02a	2.02a	0.06	0.032
Dry matter intake, kg/d	8.79	8.61	8.94	8.99	0.14	0.583
Dry matter intake, % BW	1.96	1.84	1.89	1.91	0.19	0.055
Feed conversion, DMI/ADG	5.61c	5.01b	4.43a	4.45a	0.03	0.031

¹CONT – without additives; ²MONE – inclusion of 30 mg/kg of monensin (on DM basis); ³MO+VI – inclusion of 30 mg/kg of monensin (on DM basis) + 30 mg/kg of virginiamycin (on DM basis); ⁴MO+AD – inclusion of 30 mg/kg of monensin (on DM basis) + 3 g/kg of BW of micro mineral mixture (Advantage Confinamento[®]); ⁵Standard error of means. Means followed by different letters differ.

The ADG followed the same pattern of final body weight where it was the highest ($P < 0.032$) for bulls fed MO+VI and MO + AD diets, intermediate for bulls fed MONE diet, and the lowest for bulls fed CONT (Table 2). The inclusion of monensin alone in diet increased ADG by 9.6% when compared to CONT diet. On the other hand, the inclusion of MO+VI or MO+AD increased the ADG by 28.7% when compared to CONT diet and 17.5% when compared to the MONE diet. Thus, the inclusion of monensin with either virginiamycin or the Advantage Confinamento[®] had a positive synergism resulting in improved animal performance. Overall, the inclusion of monensin in diet of cattle finished in feedlot improves animal performance by approximately 12% (Duffield et al., 2012; Goodrich et al., 1984). Similarly, virginiamycin improves animal performance by approximately 6% (Montano et al., 2015; Rogers et al., 1995). Castagnino et al. (2018) observed 14% improved weight gain of Nellore bulls fed a high grain diet and supplemented with virginiamycin (25 mg/kg DM).

The observed ADG for bulls from diets MO+VI or MO+AD (2.02 kg/d) and MONE diet (1.72 kg/d) can be considered high when compared the other studies carried out in similar conditions (Fugita et al., 2018; Ornaghi et al., 2017; Souza et al., 2018; Valero et al., 2016). The increased animal performance observed in this study is likely due to the

high concentrate:corn silage fed to the bulls. High energy diets determine higher animal performance (Dian et al., 2010; Fugita et al., 2012; Fugita et al., 2018; Rivaroli et al., 2017).

3.2. Feed intake and feed efficiency

Dry matter intake (DMI) and the intake of other nutrients were similar ($P > 0.05$) among treatments (Table 2). Several factors influence DMI, such as the animal body weight (DMI/kg BW ratio). Therefore, DMI and BW ratio are usually applied to compare DMI of cattle finished in feedlot. The DMI/BW ratio was similar ($P > 0.05$) among bulls fed the four diets. Therefore, the inclusion of monensin, monensin + virginiamycin or monensin + Advantage Confinamento[®] did not alter feed intake. Feed intake was low when compared to studies conducted under similar concentrate:forage ratio diets, which usually ranges from 2.0 to 2.5% BW (Fugita et al., 2018; Ornaghi et al., 2017; Rivaroli et al., 2017; Valero et al., 2016).. These results could be explained in part by the concentrate and corn silage ratio (85% vs. 15%), which reduces the DMI (Rivaroli et al., 2017; Souza et al., 2019; Valero et al., 2015).

Feed conversion (kg DM/kg ADG) was similar ($P > 0.05$) for bulls fed MO+VI and MO+AD diets, with both being more efficient than bulls fed MONE and CONT diets (Table 2). The highest feed conversion was observed for bulls fed CONT diet. Thus, the inclusion of monensin in diet improved feed conversion efficiency by 12.0%. On the other hand, the inclusion of monensin + virginiamycin or monensin + Advantage Confinamento[®] improved feed efficiency by 26.7%. Generally, under similar feeding conditions, animal genetic characteristics, feedlot period and concentrate:corn silage ratio the feed conversion ranged from 5.0 to 6.5 kg DM/kg ADG (Cruz et al., 2014; Fugita et al., 2018; Ornaghi et al., 2017; Rivaroli et al., 2017; Souza et al., 2018; Valero et al., 2015).

3.3. Digestibility assay

The apparent digestibility of DM, OM, NDF and total carbohydrates was higher ($P < 0.05$) for bulls fed MO+VI and MO+AD diets when compared to bulls fed CONT and MONE diets (Table 4). No difference ($P > 0.05$) was observed on apparent digestibility of DM, OM, NDF and total carbohydrates between bulls fed CONT and MONE diets or

between bulls fed MO+VI and MO+AD diets, respectively (Table 3). The apparent digestibility of ether extract was higher ($P < 0.05$) for bulls receiving diets with additives in comparison with bulls fed the CONT diet. The apparent digestibility of ether extract was similar ($P > 0.05$) for bulls fed MONE, MO+VI and MO+AD diets (Table 3). On the other hand, the apparent digestibility of crude protein was similar ($P > 0.023$) among bulls fed with the four diets (Table 3). Total digestible nutrients concentration was higher ($P < 0.05$) in the MO+VI and MO+AD diets in comparison to CONT and MONE diets (Table 3). However, total digestible nutrients concentration was similar ($P > 0.05$) between CONT and MONE and between MO+VI and MO+AD diets (Table 3). Thus, the addition of an ionophore mix (monensin) + an antibiotic (virginiamycin) and a mix of ionophores (monensin) + Advantage Confinamento[®] improved the digestibility when compared a diet without additives.

Table 3. Nutrients apparent digestibility of beef cattle finished in feedlot and fed high-grain diets with monensin, virginiamycin and micro minerals mixture and yeast

Parameters	Diets				SME ⁵	P-value
	CONT ¹	MONE ²	MO+VI ³	MO+AD ⁴		
Dry matter	75.29b	74.41b	78.97a	78.37a	2.14	0.009
Organic matter	74.90b	74.11b	78.56a	78.01a	1.78	0.011
Crude protein	72.58	71.11	76.58	74.56	1.91	0.231
Ether extract	71.42b	77.95a	76.77a	81.09a	5.30	0.023
Neutral detergent fiber	58.51b	56.04b	61.00a	59.6ab	3.40	0.032
Total carbohydrates	75.30b	74.42b	78.98a	78.38a	4.30	0.028
Total digestible nutrients	72.81b	72.04b	75.50a	74.80a	4.25	0.013

¹CONT – without additives; ²MONE – inclusion of 30 mg/kg of monensin (on DM basis); ³MO+VI – inclusion of 30 mg/kg of monensin (on DM basis) + 30 mg/kg of virginiamycin (on DM basis); ⁴MO+AD – inclusion of 30 mg/kg of monensin (on DM basis) + 3 g/kg of BW of micro mineral mixture (Advantage Confinamento[®]); ⁵Standard means error. Means followed by different letters differ.

The inclusion of monensin and/or virginiamycin does not usually alter the apparent digestibility of nutrients (Fonseca et al., 2016; Jesus et al., 2016; Montano et al., 2015; Vendramini et al., 2016). There are few studies that have obtained positive effects of ionophores inclusion in diets on nutrients digestibility, as observed in this study. In the test performed by Goodrich & Thompson (1980), greater digestibility of dry matter (72%) and crude protein (62%) was observed for animals fed with monensin inclusion in diet.

3.4. Animal behavior

The addition of monensin alone or in combination with virginiamycin or Advantage Confinamento[®] to diet had a significant effect ($P < 0.05$) on animal behavior during feedlot finishing (Table 4).

The water ingestion time was longer ($P < 0.05$) for bulls fed CONT (37.8 min) and MO+VI (34.4 min) diets and shorter for those fed MONE (29.4 min) and MO+AD (23.3 min) diets (Table 4). Water ingestion can be affected by DMI, diets ingredients, temperature and the animal physiological state.

Table 4. Behavior of beef cattle finished in feedlot and fed high-grain diets with monensin, virginiamycin and micro minerals mixture and yeast

Parameters	Diets				SME ⁵	P-value
	CONT ¹	MONE ²	MO+VI ³	MO+AD ⁴		
Drinking, min	37.8a	29.4b	34.4ab	23.3b	2.31	0.041
Feeding, min	151.7b	173.3a	170.6a	164.4a	7.22	0.035
Ruminating, min	247.8b	233.9b	260.0a	300.6a	14.14	0.034
Idle, min	1002.7a	1003.4a	975.0b	951.7b	34.71	0.035

¹CONT – without additives; ²MONE – inclusion of 30 mg/kg of monensin (on DM basis); ³MO+VI – inclusion of 30 mg/kg of monensin (on DM basis) + 30 mg/kg of virginiamycin (on DM basis); ⁴MO+AD – inclusion of 30 mg/kg of monensin (on DM basis) + 3 g/kg of BW of micro mineral mixture (Advantage Confinamento[®]); ⁵Standard means error. Means followed by different letters differ.

However, the period of feeding intake time was similar ($P > 0.05$) for bulls fed MONE (173.3 min), MO+VI (170.6 min) and MO+AD (164.4 min) diets and shorter ($P < 0.05$) for bulls fed CONT (151.7 min) diet. Thus, the inclusion of additives in diets increased the time spent on feeding, but did not increase the total DMI (Table 2 and 4). Feeding time of bulls finished in feedlot varies from 200 minutes per day or more (Eiras et al., 2014; Silva et al., 2014) to 400 (Farias et al., 2012; Ornaghi et al., 2017). However, in this study, the feeding time was low (165 min/1440 min) because the diet had a high concentrate:corn silage ratio. The total feeding intake (concentrates + corn silage) time can be affected by the amount, physical form, fiber content and additives included in diets (Eiras et al., 2014; Silva et al., 2014; Silva et al., 2010).

The rumination time of bulls finished in feedlot varies from 400 to 600 minutes per day (Eiras et al., 2014; Silva et al., 2014). The rumination period was similar ($P < 0.05$) between bulls fed MO+AD (300.6 min) and MO+VI (260.0 min) diets; with both groups spending more time ruminating compared to bulls fed CONT (247.8 min) and MONE (247.8 min) diets (Table 4). The high-grain ratio negatively affects the production of saliva flow due low fiber content and consequently reduces rumination time.

The idle time period was longer ($P < 0.05$) for bulls fed CONT (1002.7 min) and MONE (1003.4 min) treatments and shorter for bulls fed MO+VI (975.0 min) and MO+AD (951.7 min) treatments (Table 4). The idle time can affect animal performance, since energy is expended for activities such locomotion. In this work the idle time

observed was normal (983.3/1.440 min) for bulls finished in feedlot and fed high-grains diets (Eiras et al., 2017; Eiras et al., 2014; Ornaghi et al., 2017).

3.5. Carcass characteristics

The HCW and CCW were the highest for bulls fed MO+AD and MO+VI diets, intermediate for bulls fed MONE and lowest for bulls fed CONT diet (Table 5).

Table 5. Carcass characteristics of beef cattle finished in feedlot and fed high-grain diets with monensin, virginiamycin and micro minerals mixture and yeast

Parameters	Diets				SME ⁵	P-value
	CONT ¹	MONE ²	MO+VI ³	MO+AD ⁴		
Hot carcass weight, kg	295.7c	301.8b	311.2a	317.2a	2.61	0.045
Cold carcass weight, kg	286.6c	291.6b	303.2a	309.9a	2.54	0.039
Hot carcass dressing, %	57.45	57.01	55.71	57.20	0.62	0.343
Cold carcass dressing, %	55.67	55.05	54.22	55.83	0.57	0.355
Carcass chilling loss, %	1.78b	1.94b	1.44a	1.35a	0.26	0.046
Liver, kg	6.46a	5.53b	6.48a	5.42b	1.04	0.045

¹CONT – without additives; ²MONE – inclusion of 30 mg/kg of monensin (on DM basis); ³MO+VI – inclusion of 30 mg/kg of monensin (on DM basis) + 30 mg/kg of virginiamycin (on DM basis); ⁴MO+AD – inclusion of 30 mg/kg of monensin (on DM basis) + 3 g/100 kg of BW of micro mineral mixture (Advantage Confinamento[®]); ⁵Standard means error. Means followed by different letters differ.

The largest differences of HCW and CCW were observed for bulls fed MO+AD diet compared to bulls fed CONT diet, +21.5 and +23.3 kg, respectively ($P < 0.05$). The differences between HCW and CCW for bulls fed MO+AD diet compared to bulls fed MONE diet were +15.4 and +18.3 kg, respectively. The differences of HCW and CCH between bulls fed MO+VI and CONT diet were +15.5 and +16.6 kg, respectively. Thus, the inclusion of monensin + virginiamycin or monensin + Advantage Confinamento[®] resulted on a positive synergism on HCW and CCW. Greater HCW and CCW for bulls fed on MO+AD and MO+VI diets are due to the greater FBW and carcass dressing.

Hot carcass dressing and CCD were similar ($P > 0.05$) among diets; with means at 56.8% and 55.2%, respectively (Table 3). Thus, the inclusion of monensin, virginiamycin or micro mineral mixture with yeast has no influence on HCD and CCD. Goodrich et al. (1984) conducted a comprehensive review of studies using monensin in diets of feedlot finished cattle and found no effect of the monensin inclusion on carcass traits. However, the carcass dressing observed in this experiment (56.8%) was high for crossbred bulls (European vs. Nellore). In general, HCD of crossbred European vs. Zebu bulls and finished in feedlot are below 55% (Eiras et al., 2017; Fugita et al., 2012; Fugita et al., 2018; Ornaghi et al., 2017; Souza et al., 2019).

Chilling losses (24 hours at 4 °C after slaughter) were lower for carcasses of bulls fed MO+AD (1.35%) or MO+VI (1.44%) compared to chilling losses of carcasses from bulls fed MONE (1.94%) and CONT (1.78%) diets (Table 3). Thus, the MO+AD and MO+VI showed a positive synergism in carcass chilling losses. The reduction in carcasses chilling losses of bulls fed MO+VI diet was 31.9% lower when compared to the chilling losses of bulls fed CONT diet. The reduction of chilling losses of bulls fed MO+AD diet compared to bulls fed CONT diet chilling losses was 27.1%. The combination of monensin + virginiamycin or monensin + Advantage Confinamento[®] possibly reduced chilling losses in the first 24 hours after slaughter because of greater backfat thickness (Table 6).

The inclusion of MONE or MO+AD resulted in lower ($P < 0.05$) liver weight (5.53 and 5.42 kg, respectively) when compared to the liver from bulls fed CONT (6.46 kg) and MO+VI (6.48 kg) diets. The inclusion of virginiamycin in diet (diet MO+VI) did not change the liver weight compared to the weight of bulls fed the CONT diet. However, there was no abscess in the liver of bulls from any of the diets. Monensin had no effect on liver abscess incidence, while tylosin reduced abscess incidence from 27 to 9% (Potter et al., 1985), while virginiamycin may help to stabilize feed intake and prevent liver abscesses in bovine fed on high-grain diets (Rogers et al., 1995).

3.6. Meat characteristics

The backfat thickness was greater ($P < 0.05$) for bulls fed MO+VI and MO+AD compared to the backfat thickness for bulls fed MONE (3.69 mm) and CONT (3.27 mm) diets (Table 6). The average backfat thickness of carcasses from bulls fed MO+VI and MO+AD diets (4.93 mm) was 33.6% greater than those from bulls fed MONE diet and 50.8% from bulls fed CONT diet. Thus, the inclusion of monensin + virginiamycin or monensin + Advantage Confinamento[®] had a positive synergistic effect of carcass backfat thickness.

Marbling was higher ($P < 0.05$) for meat from bulls fed MO+AD diet (1.83 points) when compared to meat from bulls fed CONT (1.50 points), MONE (1.50 points) and MO+VI (1.60 points) diets (Table 6). Possibly, the energy surplus in the MO+AD treatment was used for fat deposition, which favors meat with improve quality.

Table 6. Meat characteristics of beef cattle finished in feedlot and fed high-grain diets with monensin, virginiamycin and micro minerals mixture and yeast

Characteristics	Diets				SEM ⁵	P-value
	CONT ¹	MONE ²	MO+VI ³	MO+AD ⁴		
Backfat thickness, mm	3.27b	3.69b	4.98a	4.87a	0.244	0.022
Marbling, from 1 to 3 scale	1.50b	1.50b	1.60b	1.83a	0.144	0.032
<i>Longissimus</i> muscle area, cm ²	75.83c	75.83c	79.17b	86.67a	2.24	0.025
Ratio ⁶	0.48c	0.52b	0.53b	0.58a	0.017	0.022
Muscle, %	60.02a	55.21b	55.19b	57.42ab	2.65	0.044
Fat, %	20.99b	23.38a	24.95a	24.25a	4.84	0.043
Bone, %	16.10	18.59	17.75	16.02	2.65	0.122
Others ⁷ , %	2.89	2.82	2.19	2.32	0.24	0.255

¹CONT – without additives; ²MONE – inclusion of 30 mg/kg of monensin (on DM basis); ³MO+VI – inclusion of 30 mg/kg of monensin (on DM basis) + 30 mg/kg of virginiamycin (on DM basis); ⁴MO+AD – inclusion of 30 mg/kg of monensin (on DM basis) + 3 g/kg of BW of micro mineral mixture (Advantage Confinamento[®]); ⁵Standard means error. ⁶Ratio between muscle width and muscle length. ⁷Lymph + fascia + blood + water vapor. Means followed by different letters differ by Tukey test ($P < 0.05$).

The LMA area was greater ($P = 0.025$) for bulls fed MO+AD (86.67 cm²) diet compared to those fed MO+VI (79.17 cm²), MONE (75.85 cm²) and CONT (75.83 cm²) diets (Table 6). Muscle area was larger ($P = 0.025$) for bulls fed MO+VI diet compared to those fed MONE and CONT diets. The MA was similar ($P > 0.05$) between bulls from CONT and MONE diets.

The ratio between the muscle width and muscle length of the LMA at the 12th rib was greater ($P = 0.022$) for bulls fed MO+AD (0.58), intermediate for bulls fed MO+VI (0.53) and MONE (0.52) and lower for bulls fed CONT diets. Meat with high ratio between width and length are better evaluated and desired by consumers. The ratio between the width and length of *Longissimus*, in bulls evaluated on meat quality score is close to 0.50 (Rivaroli et al., 2017). Thus, the inclusion of monensin + Advantage Confinamento[®] provides meat which are likely to be preferred by consumers.

The muscle percentage was greater ($P < 0.05$) in meat from bulls fed CONT diet (60.0%) compared to those fed MONE (55.2%) and MO+VI (55.2%), but similar ($P > 0.05$) in the meat from bulls fed MO + AD (57.4%) diet (Table 6). However, the muscle percentage in meat for bulls fed MONE, MO+VI and MO+AD diets were similar ($P > 0.05$). On the other hand, the fat percentage was lower ($P = 0.043$) in the meat from bulls fed CONT diet (21.0%) compared to the other treatments (Table 6). The muscle percentage varied from 55 to 60% and the fat percentage varied from 20 to 25%. The percentage of bone was similar for all the treatments ($P > 0.05$). Under similar conditions of feedlot time, feeding and management, the percentages of muscle, fat and bone in the carcass of European vs. Zebu cattle range from 55 to 65%, 16 to 24% and 15 to 18%

(Ornaghi et al., 2017; Prado et al., 2015; Prado et al., 2015; Rivaroli et al., 2017; Souza et al., 2019; Valero et al., 2015). Slaughtered animals with higher weights (over 550 kg) typically have higher fat and lower muscle percentages, and bone percentages are always more constant (Prado et al., 2015; Prado et al., 2015; Souza et al., 2019). The deposition of fat in the animal's body occurs mainly in the final period of termination, therefore, in heavier animals.

Conclusion

The inclusion of monensin or a combination of monensin + virginiamycin or monensin + Advantage Confinamento[®] results in improved animal performance and improves feed efficiency. Likewise, these additives led to greater carcass weight and dressing, and meat characteristics. These results indicate the possibility of using monensin + virginiamycin or monensin + Advantage Confinamento[®] to replace monensin in diets of bulls finished in feedlot.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

Acknowledgements

This work was supported by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES for the scholarship, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (401022/2016-1) and the Alltech do Brasil Agroindustrial Ltda (www.altech.com). The authors gratefully acknowledge the company for financing and providing the products used in this research which it was possible to develop this work. The mention of trade names or commercial products in this publication is solely for the purpose of providing specific information and does not imply recommendations or endorsement by the Department of Animal Science, Maringá State University, Paraná, Brazil.

References

- AOAC. (2005). - Association Official Analytical Chemist. In A. O. A. Chemist (Ed.), *Official Methods of Analysis* (Official M). AOAC.
- Brossard, L., & Chaucheyras-Durand, F. (2006). Dose effect of live yeasts on rumen microbial communities and fermentations during butyric latent acidosis in sheep: new type of interaction. *Animal Science*, 82(6), 829–836. <https://doi.org/10.1017/ASC200693>.
- Calsamiglia, S., Blanch, M., Ferret, A., & Moya, D. (2012). Is subacute ruminal acidosis a pH related problem? Causes and tools for its control. *Animal Feed Science and Technology*, 172(1–2), 42–50. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.007>.
- Castagnino, P. S., Fiorentini, G., Dallantonio, E. E., San Vito, E., Messana, J. D., Torrecilhas, J. A., Sobrinho, A. G. S., & Berchielli, T. T. (2018). Fatty acid profile and carcass traits of feedlot Nelore cattle fed crude glycerin and virginiamycin. *Meat Science*, 140, 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.02.013>.
- Cocito, C. (1983). Properties of virginiamycin-like antibiotics (synergimycins), inhibitors containing synergistic components. *Microbiological Review*, 43(2), 145–198.
- Coe, M. L., Nagaraja, T. G., Sun, Y. D., Wallace, N., Towne, E. G., Kemp, K. E., & Hutcheson, J. P. (1999). Effect of virginiamycin on ruminal fermentation in cattle during adaptation to a high concentrate diet and during an induced acidosis. *Journal of Animal Science*, 77(8), 2259–2268. <https://doi.org/http://jas.fass.org/content/77/8/2259>.
- Cruz, O. T. B., Valero, M. V., Zawadzki, F., Rivaroli, D. C., Prado, R. M., Lima, B. S., & Prado, I. N. (2014). Effect of glycerine and essential oils (anacardium occidentale and ricinus communis) on animal performance, feed efficiency and carcass characteristics of crossbred bulls finished in a feedlot system. *Italian Journal of Animal Science*, 13(4). <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3492>
- Dian, P. H. M., Prado, I. N., Valero, M. V., Rotta, P. P., Prado, R. M., Silva, R. R., & Bertipaglia, L. M. A. (2010). Levels of replacing corn by cassava starch on performance and carcass characteristics of bulls finished in feedlot. *Semina: Ciências Agrárias*, 31(2), 589–597. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n2p497>
- Duffield, T. F., Merrill, J. K., & Bagg, R. N. (2012). fatty acid ratio with monensin. *Journal of Animal Science*, 90(12), 4583–4592.
- Eiras, C. E., Marques, J. A., Prado, R. M., Valero, M. V., Bonafé, E. G., Zawadzki, F., Perotto, D., & Prado, I. N. (2014). Glycerin levels in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: Carcass characteristics and meat quality. *Meat Science*, 96(2), 930–936. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.002>.
- Eiras, C. E., Mottin, C., Passetti, R. A. C., Torrecilhas, J. A., Souza, K. A., Guerrero, A., & Prado, I. N. (2017). How does the dietary cottonseed hull affect the animal performance of young bulls finished in a high-concentrate system? *Animal Production Science*, 57, 1719–1724. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1071/AN15474>.
- Farias, M. S., Silva, R. R., Zawadzki, F., Eiras, C. E., Lima, B. S., & Prado, I. N. (2012). Glycerin levels for crossbred heifers supplemented in pasture: intake behavior. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 34(1), 63–69. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v34i1.12520>.

- Fiems, L. O., Cottyn, B. G., Boucque, V., Vanacker, J. M., & Buysse, F. X. (1990). Effect of virginiamycin on in vivo digestibility rumen fermentation and nitrogen balance. *Archives of Animal Nutrition*, 40(5–6), 483–489. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/17450399009421081>.
- Fonseca, M. P., Borges, A. L. da C. C., Reis, R., Lage, H. F., Ferreira, A. L., Lopes, F. C. F., Pancoti, C. G., & Rodrigues, J. A. S. (2016). Intake, apparent digestibility, and methane emission in bulls receiving a feed supplement of monensin, virginiamycin, or a combination. *Animal Production Science*, 56(7), 1041–1045.
- Fugita, C.A., Prado, I. N., Jobim, C. C., Zawadzki, F., Valero, M. V., Pires, M. C. O., Prado, R. M., & Françoço, M. C. (2012). Corn silage with and without enzyme-bacteria inoculants on performance, carcass characteristics and meat quality in feedlot finished crossbred bulls. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(1). <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000100023>
- Fugita, Carlos Alberto, 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/https://doi.org/10.1071/AN16242>.
- González, L. A., Manteca, X., Calsamiglia, S., Schwartzkopf-Genswein, K. S., & Ferret, A. (2012). Ruminal acidosis in feedlot cattle: Interplay between feed ingredients, rumen function and feeding behavior (a review). *Animal Feed Science and Technology*, 172(1–2), 66–79. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.009>
- 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. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6378865>
- Goodrich, R. D., & Thompson, W. R. (1980). Rumensin in the winter. *Feedlot Manage*, 22(3), 24.
- Greene, L. W., Schelling, G. T., & Byers, F. M. (1986). Effects of dietary monensin and potassium on apparent absorption of magnesium and other macroelements in sheep. *Journal of Animal Science*, 63(6), 1960–1967.
- Jesus, E. F., Del Valle, T. A., Calomeni, G. D., Silva, T. H., Takiya, C. S., Vendramini, T. H. A., Paiva, P. G., Silva, G. G., Netto, A. S., & Renno, F. P. (2016). Influence of a blend of functional oils or monensin on nutrient intake and digestibility, ruminal fermentation and milk production of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 219, 59–67.
- Kirk, D. J., Greene, L. W., Schelling, G. T., & Byers, F. M. (1985). Effects of monensin on monovalent ion metabolism and tissue concentrations in lambs. *Journal of Animal Science*, 60(6), 1479–1484. <https://doi.org/http://jas.fass.org/content/60/6/1479>.
- Montano, M. F., Manriquez, O. M., Salinas-Chavira, J., Torrentera, N., & Zinn, R. A. (2015). Effects of monensin and virginiamycin supplementation in finishing diets with distiller dried grains plus solubles on growth performance and digestive function of steers. *Journal of Applied Animal Research*, 43(4), 417–425. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/09712119.2014.978785>.
- Monteschio, J. O., Vargas Junior, F. M., Almeida, F. L. A., Pinto, L., Kaneko, I. N., Almeida, A. A., Freitas, L. W., Alves, S. P., Bessa, R. J. B., & Prado, I. N. (2019). The effect of encapsulated active principles (eugenol, thymol and vanillin) and clove

- and rosemary essential oils on the structure, collagen content, chemical composition and fatty acid profile of Nellore heifers muscle. *Meat Science*, 155, 27–35. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.04.019>.
- Nagaraja, T. G., Newbold, C. J., Van Nevel, C. J., & Demeyer, D. I. (2012). Manipulation of ruminal fermentation. In P. N. Hobson & C. S. Stewart (Eds.), *The rumen microbial ecosystem* (Vol. 1, pp. 523–632). Black Academic & Professional.
- Nagaraja, T. G., & Taylor, M. B. (1987). Susceptibility and resistance of ruminal bacteria to antimicrobial feed additives. *Applied and Environmental Microbiology*, 53(7), 1620–1625.
- 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.
- Nagaraja, T. G., & Titgemeyer, E. C. (2007). Ruminal acidosis in beef cattle: The current microbiological and nutritional outlook. *Journal of Dairy Science*, 90(Supp), E17–E38. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.2006-478>
- 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(108059), 1–9. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108059>.
- Ornaghi, Mariana 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>
- Potter, E. L., Wray, M. I., Muller, R. D., Grueter, H. P., McAskill, J., & Young, D. C. (1985). Effect of monensin and tylosin on average daily gain, feed efficiency and liver abscess incidence in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 61(5), 1058–1065.
- Prado, I. N., Eiras, C. E., Fugita, C. A., Passetti, R. A. C., Ornaghi, M. G., Rivaroli, D. C., Pinto, A. A., & Moletta, J. L. (2015). Animal performance and carcass characteristics of bulls (1/2 Purunã vs 1/2 Canchim) slaughtered at 16 and 22 months old, and three different weights. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(5), 612–619. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5713/ajas.14.0793>.
- Prado, I. N., Passetti, R. A. C., Rivaroli, D. C., Ornaghi, M. G., Souza, K. A., Carvalho, C. B., Perotto, D., & Moletta, J. L. (2015). Carcass composition and cuts of bulls and steers fed with three concentrate levels in the diets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(9), 1309–1316. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5713/ajas.15.0021>.
- Rivaroli, D. C., Ornaghi, M. G., Mottin, C., Prado, R. M., Ramos, T. R., Guerrero, A., Jorge, A. M., & Prado, I. N. (2017). Essential oils in the diet of crossbred (½ Angus vs. ½ Nellore) bulls finished in feedlot on animal performance, feed efficiency and carcass characteristics. *Journal of Agricultural Science*, 9(10), 205–212. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5539/jas.v9n10p205-212>.
- Robelin, J., & Geay, Y. (1975). Estimation de la composition de la carcasse des taurillons a partir de la 6ème côte. *Bulletin Technique. Centre de Recherches Zootechniques et Veterinaires de Theix*, 22(1), 41–44.
- Rogers, J. A., Branine, M. E., Miller, C. R., Wray, M. I., Bartle, S. J., Preston, R. L., Gill, D. R., Pritchard, R. H., Stilborn, R. P., & Bechtol, D. T. (1995). Effects of dietary

- virginiamycin on performance and liver abscess incidence in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 73(1), 9–20.
- Schelling, G. T. (1984). Monensin mode of action in the rumen. *Journal of Animal Science*, 58(6), 1518–1527.
- Silva, L. G., Torrecilhas, J. A., Passeti, R. A. C., Ornaghi, M. G., Eiras, C. E., Rivaroli, D. C., Valero, M. V., & Prado, I. N. (2014). Glycerin and cashew and castor oils in the diets for bulls finished in feed lot: ingestive behavior. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(5), 1425–1439. <https://doi.org/http://dx.dori.org/10.5433/1679-0359.2014v35n5p1>.
- Silva, R. R., Prado, I. N., Silva, F. F., Almeida, I. C. C., Santana Júnior, H. A., Queiroz, A. C., Carvalho, G. G. P., & Barroso, D. S. (2010). Comportamento ingestivo diurno de novilhos Nelore recebendo níveis crescentes de suplementação em pastejo de capim-braquiária. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(9), 2073–2080.
- Silva, R. R., Silva, F. F., Prado, I. N., Carvalho, G. G. P., Franco, I. L. F., Mendes, F. B. L., Oliveira, A. P., & Pinheiro, A. A. (2006). Metodologia para o estudo do comportamento de bezerros confinados na fase pós-aleitamento. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 42, 135–138.
- Souza, K. A., Cooke, R. E., Aschubach, K. M., Brandão, A. P., Schumher, T. F., Prado, I. N., Marques, R. S., & Bohnert, D. W. (2018). Performance, health and physiological responses of newly-weaned feedlot cattle supplemented with feed-grade antibiotics or alternative feed ingredients. *Animal*, 12(12), 2521–2528. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1017/S1751731118000551>.
- Souza, K. A., Monteschio, J. O., Mottin, C., Ramos, T. R., Pinto, L. A. M., Eiras, C. E., Guerrero, A., & Prado, I. N. (2019). Effects of diet supplementation with clove and rosemary essential oils and protected oils (eugenol, thymol and vanillin) on animal performance, carcass characteristics, digestibility, and behavior activities for Nelore heifers finished in feedlot. *Livestock Science*, 220, 190–195. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2018.12.026>.
- Spears, J. W. (1996). Organic trace minerals in ruminant nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 58(1–2), 151–163. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00881-0](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00881-0).
- Starnes, S. R., Spears, J. W., Froetschel, M. A., & Croom Junior, W. J. (1984). Influence of monensin and lasalocid on mineral metabolism and ruminal urease activity in steers. *The Journal of Nutrition*, 114(3), 518–525. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1093/jn/114.3.518>
- Valadares Filho, S. C., Costa e Silva, L. F., Gionbelli, M. P., Rotta, P. P., Marcondes, M. I., Chizzotti, M. L., & Prados, L. F. (2016). *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzado - BR-Corte* (Vol. 1). Universidade Federal de Viçosa.
- Valero, M. V., Torrecilhas, J. A., Zawadzki, F., Bonafé, E. G., Madrona, G. S., Prado, R. M., Passetti, R. A. C., Rivaroli, D. C., Visentainer, J. V., & Prado, I. N. (2014). Propolis or cashew and castor oils effects on composition of longissimus muscle of crossbred bulls finished in feedlot. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 74(4). <https://doi.org/10.4067/S0718-58392014000400011>
- Valero, M. V., Zeoula, L. M., Moura, L. P. P., Costa, J. B. G., Sestari, B. B., & Prado, I. N. (2015). Propolis extract in the diet of crossbred (1/2 Angus vs. 1/2 Nelore) bulls finished in feedlot: Animal performance, feed efficiency and carcass characteristics. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(2). <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n2p1067>
- Valero, M. V., Farias, M. S., Zawadzki, F., Prado, R. M., Fugita, C. A., Rivaroli, D. C.,

- Ornaghi, M., & Prado, I. N. (2016). Feeding propolis or functional oils (cashew and castor oils) to bulls: performance, digestibility and blood cells counts. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 29, 33–42. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17533/udea.rccp.v29n1a04>.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583–3597. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).
- Vendramini, T. H. A., Takiya, C. S., Silva, T. H., Zanferari, F., Rentas, M. F., Bertoni, J. C., Consentini, C. E. C., Gardinal, R., Acedo, T. S., & Rennó, F. P. (2016). Effects of a blend of essential oils, chitosan or monensin on nutrient intake and digestibility of lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 214, 12–21. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.01.015>
- Wilkinson, J. I. D., Appleby, W. G. C., Shaw, D. C. J., Lebas, G., & Pflug, R. (1980). The use of monensin in European pasture cattle. *Animal Science*, 31(2), 159–162.
- 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>
- Zawadzki, F., Prado, I. N., Marques, J. J., Zeoula, L. M., Prado, R. M., Fugita, C. A., Valero, M. V., & Maggioni, D. (2011). Sodium monensin or propolis extract in the diet of Nelore bulls finished in feedlot: Chemical composition and fatty acid profile of Longissimus muscle. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(4). <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4p1627>
- Zeoula, L. M., Prado, I. N., Dian, P. H. M., Geron, L. J. V., Caldas Neto, S. F., Maeda, E. M., Peron, P. D. P., Marques, J. A., & Falcão, A. J. S. (2002). Recuperação fecal de indicadores internos avaliados em ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(4), 1865–1874.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ionóforos como, por exemplo, monensina sódica e os antibióticos como, por exemplo, a virginiamicina fazem parte da alimentação de bovinos de alto potencial de ganho em peso, desde a década de 70, com objetivo de aumentar o ganho em peso, melhorar a eficiência alimentar e as características da carcaça. Por outro lado, com o aumento significativo do ganho em peso de bovinos terminados em confinamento, ao redor de 1,8 a 2,0 kg/dia e melhora na eficiência alimentar próximo de 5,0 a 6,0 kg de matéria seca para cada kg de peso corporal, exige um metabolismo acelerado dos animais. Desta forma, a inclusão de produtos à base de leveduras e microminerais orgânicos à dieta destes animais tem proporcionado melhor desempenho e bem-estar animal. No presente estudo, foi possível observar que a combinação de monensina com virginiamicina ou combinação de monensina com Advantage Confinamento[®] aumentou o ganho em peso, melhorou a eficiência alimentar e as características da carcaça de bovinos mestiços (Europeu vs. Zebu) não castrados terminados em confinamento com dieta de alto grão, em comparação aos bovinos alimentados com uma dieta controle ou em comparação aos bovinos alimentados com dietas suplementadas somente com monensina. Nos últimos anos, tem ocorrido restrições à inclusão de antibióticos às dietas dos animais para fins zootécnicos, em razão de possíveis resíduos na carne e possíveis riscos à saúde humana e restrições às exportações da carne para países da Europa e Ásia. Nesta ótica, é possível

substituir a virginiamicina, sem alterações no desempenho animal, eficiência alimentar e qualidade da carcaça, por aditivos naturais, tais como o Advantage Confinamento[®], conforme apresentado nesse estudo. Ainda, a combinação da monensina e Advantage Confinamento[®] mostrou mais eficiente em relação aos animais alimentados com uma dieta sem adição de aditivos ou com adição de somente monensina.

Por outro lado, a recomendação para inclusão da combinação de monensina e micros minerais + leveduras (Advantage Confinamento[®]) vai depender de outros fatores como, por exemplo, potencial genético, condição fisiológica e idade dos animais, qualidade dos alimentos, balanceamento da dieta, custo da alimentação.

Em conclusão, para bovinos de bom potencial genético (Europeu vs. Nelore) e alimentação de alto teor de energia (alto grão – milho) e a combinação de monensina e Advantage Confinamento, como no presente caso, é amplamente vantajoso, inclusive do ponto de vista econômico.