

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 14/12/2023.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM *BLEND* DE
ADITIVOS FITOGÊNICOS SOBRE O DESEMPENHO,
EFICIÊNCIA DE USO DE NITROGÊNIO E EMISSÃO DE
METANO DE TOURINHOS NELORE RECRIADOS EM
PASTO DE CAPIM MARANDU**

Ronyatta Weich Teobaldo

Zootecnista

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM *BLEND* DE
ADITIVOS FITOGÊNICOS SOBRE O DESEMPENHO,
EFICIÊNCIA DE USO DE NITROGÊNIO E EMISSÃO DE
METANO DE TOURINHOS NELORE RECRIADOS EM
PASTO DE CAPIM MARANDU**

Ronyatta Weich Teobaldo

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis

Coorientadores: Dr. Abmael da Silva Cardoso

Dra. Yury Tatiana Granja Salcedo

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

T314e	<p>Teobaldo, Ronyatta Weich</p> <p>Efeitos da suplementação com blend de aditivos fitogênicos sobre o desempenho, eficiência de uso de nitrogênio e emissão de metano de tourinhos nelore recriados em pasto de capim Marandu / Ronyatta Weich Teobaldo. -- Jaboticabal, 2022 128 p. : il., tabs.</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Ricardo Andrade Reis Coorientador: Abmael da Silva Cardoso</p> <p>1. Extratos de plantas. 2. Forragem. 3. Metano. I. Título.</p>
-------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM BLEND DE ADITIVOS FITOGÊNICOS SOBRE O DESEMPENHO, EFICIÊNCIA DE USO DE NITROGÊNIO E EMISSÃO DE METANO DE TOURINHOS NELORE RECRIADOS EM PASTO DE CAPIM MARANDU

AUTORA: RONYATTA WEICH TEOBALDO
ORIENTADOR: RICARDO ANDRADE REIS
COORIENTADOR: ABMAEL DA SILVA CARDOSO
COORIENTADORA: YURY TATIANA GRANJA-SALCEDO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RICARDO ANDRADE REIS (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / FCAV UNESP Jaboticabal

Prof. Dr. NELCINO FRANCISCO DE PAULA (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / Universidade Federal de Mato Grosso - Cuiabá/MT

Prof. Assoc. LUCIANO DA SILVA CABRAL (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia e Extensão Rural / Universidade Federal de Mato Grosso - Cuiabá/MT

Prof. Dr. JOANIS TILEMAHOS ZERVOUDAKIS (Participação Virtual)
Departamento de Ciências Básicas e Produção Animal / UFMT - Câmpus Cuiabá / Cuiabá/MT

Dra. MÁRCIA HELENA MACHADO DA ROCHA FERNANDES (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 14 de dezembro de 2021

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

RONYATTA WEICH TEOBALDO – nascida em Cuiabá, Mato Grosso, em dez de março de 1993, filha de Jair Teobaldo de Assis e Ivanir Weich. Bacharel em Zootecnia pela Faculdade de Agronomia e Zootecnia – Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) – Campus Cuiabá – MT (2015), com bolsa de Iniciação Científica CNPq e FAPEMAT. Mestre em Ciência Animal pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal – UFMT (2018), sob orientação do Prof. Dr. Nelcino Francisco de Paula, e coorientação do Prof. Dr. Joanis Tilemahos Zervoudakis, com bolsa de estudos CAPES. Doutorado em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Campus de Jaboticabal (2021), sob orientação do Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis e coorientação do Dr. Abmael da Silva Cardoso e Dra. Yury Tatiana Granja Salcedo, com bolsa de estudos CNPq.

“O plantio é livre, mas a colheita é obrigatória!”

(autor desconhecido)

*Aos meus pais, Jair e Ivanir,
As minhas irmãs, Indayá e Tayla,
Ao meu companheiro de vida, Maurício,
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela sabedoria, coragem e determinação para enfrentar os momentos de angústia e medo, e por me ensinar a reconhecer os momentos de conquistas e alegrias, que sempre superam os momentos ruins.

Aos meus pais, Jair e Ivanir, pelo amor incondicional, colo e por ser a minha base. Tudo que faço é por vocês e para vocês. Obrigada por nunca negarem esforços para estarem comigo em todos os momentos.

Às minhas irmãs, Indayá e Tayla, pelo companheirismo, amor e suporte. Com vocês divido a vida.

Ao meu companheiro de vida, Maurício, pelo amor, dedicação, companheirismo, e por aguentar ao meu lado todo choro e incertezas nesses quase 04 anos de doutorado. Por compartilhar comigo todas as conquistas e alegrias. Sinto muito orgulho em ver nosso crescimento pessoal e profissional nesses 07 anos caminhando juntos.

À minha segunda família, Mah, Maitê, Heitor, Igor e Conxita. Vocês foram e são fundamentais em toda caminhada. Agradeço à Deus por ter vocês sempre por perto. Não poderia ter dado mais certo o encontro das nossas famílias.

À Thaís e ao Geovany, por terem transformado nossa estadia em Jaboticabal mais leve. A amizade de vocês foi e é essencial para todas as conquistas. À Thaís, por ter sido meu braço direito durante todo experimento de campo e laboratório. A sua tranquilidade me fez mais forte. Obrigada por acreditar em mim.

À Kamila, Juliana e Renata, pela amizade de toda hora, por sorrir e chorar comigo. A distância nunca foi um problema para acompanharem todos os momentos. Vocês estão dentre as minhas pessoas preferidas no mundo.

Às meninas, Lareska, Mariane, Leni e Naidia, pelo carinho, acolhimento e amizade construída em meio ao trabalho. Obrigada por estarem comigo, por me escutarem e pelos cafezinhos na Kopenhagen.

Ao professor Ricardo Reis, por me acolher como sua orientada e tornar-se um amigo e colega de profissão. O respeito, carinho e gratidão são gigantescos. Levarei seus conselhos por onde eu for. Obrigada por toda mensagem para bater papo.

Ao Abmael Cardoso, a Yury Granja Salcedo, pela coorientação, e ao Eliéder Romanzini, por não medirem esforços para me auxiliar. Não poderia ter escolhido melhor o meu comitê de orientação. Vocês são profissionais exemplares, e nem se eu quisesse conseguiria agradecer o suficiente.

À Márcia Fernandes, pela ajuda e contribuição com todo o trabalho desde o preparo do experimento em 2018. Aos professores Joanis Tilemahos, Nelcino de Paula e Luciano Cabral, que me acompanham no mínimo desde 2012, e são referências no meu crescimento e atuação.

Ao Zé (Rhaony), parceiro de experimento, pelo companheirismo durante o doutorado e amizade construída. Ao Eric, Diego, Fiona, Iago e Maria Luisa, por toda trajetória e amizade em Jaboticabal. Ao grupo de pesquisa UnespFor, pelas reuniões e crescimento com as discussões técnicas. À equipe do setor de forragicultura, pela ajuda na execução do experimento. Vocês fazem parte dessa conquista.

Ao Welton Cabral por acreditar no meu trabalho desde 2014, quando ainda procurava estágio na faculdade. À toda equipe Gesta'Up, por serem colegas de profissão, amigos e companheiros de risada.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", pela oportunidade de cursar o tão sonhado doutorado em uma universidade renomada.

Obrigada!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Manejo de Pasto	4
2.2. Aditivos fitogênicos na alimentação de ruminantes.....	7
2.2.1. Taninos na alimentação de ruminantes	7
2.2.2. Óleos essenciais na alimentação de ruminantes.....	14
3. REFERÊNCIAS	18
CAPÍTULO 2 – CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES, PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO E DESEMPENHO PRODUTIVO EM TOURINHOS NELORE EM PASTOS DE CAPIM MARANDU RECEBENDO SUPLEMENTO COM A INCLUSÃO DE ADITIVOS FITOGÊNICOS	27
1. INTRODUÇÃO.....	29
2. MATERIAL E MÉTODOS	30
2.1. Local e área experimental.....	30
2.2. Animais e tratamentos experimentais	32
2.3. Avaliação da forragem – Massa de forragem, composição morfológica e oferta de forragem.....	34
2.4. Valor nutritivo – Análises químico-bromatológicas.....	35
2.5. Desempenho animal	36
2.6. Consumo e digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes	36
2.7. Emissão de metano entérico.....	37
2.8. Análises estatísticas.....	38
3. RESULTADOS	39
3.1. Produção e composição da forragem	39
3.2. Desempenho animal	41
3.3. Consumo de matéria seca e dos nutrientes	41
3.4. Digestibilidade da matéria seca e de nutrientes	43
3.5. Emissão de metano entérico.....	44
4. DISCUSSÃO.....	45
5. CONCLUSÃO	53
6. REFERÊNCIAS	54
CAPÍTULO 3 – ADITIVOS FITOGÊNICOS ALTERAM A FERMENTAÇÃO RUMINAL, EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO E COMUNIDADE	

BACTERIANA RUMINAL DE TOURINHOS NELORE SUPLEMENTADOS E EM PASTEJO NO PERÍODO DAS ÁGUAS?	60
1. INTRODUÇÃO.....	62
2. MATERIAL E MÉTODOS	64
2.1. Local e área experimental.....	64
2.2. Animais e tratamentos experimentais	65
2.3. Avaliação da forragem – Massa de forragem, composição morfológica e oferta de forragem.....	66
2.4. Valor nutritivo da forragem e suplemento – Análises químico-bromatológicas.....	67
2.5. Consumo e digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes	69
2.6. Parâmetros ruminais e metabolismo.....	69
2.7. Eficiência de uso de nitrogênio	71
2.8. Comunidade bacteriana ruminal	71
2.9. Análises estatísticas.....	73
3. RESULTADOS	74
3.1. Consumo e digestibilidade de matéria seca e dos nutrientes	74
6.2. Parâmetros ruminais	76
6.3. Eficiência de utilização de nitrogênio e eficiência microbiana	81
6.4. Comunidade bacteriana ruminal	83
7. DISCUSSÃO.....	93
8. CONCLUSÃO	101
9. REFERÊNCIAS	102


CEUA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal

**CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS****CERTIFICADO**

Certificamos que o Protocolo nº 12703/15 do trabalho de pesquisa intitulado "**Management strategies to reduce environmental impacts of beef cattle production systems**", sob a responsabilidade do Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 07 de agosto de 2015.

Jaboticabal, 07 de agosto de 2015.


Prof.^a Dr.^a Paola Castro Moraes
Coordenadora – CEUA

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM BLEND DE ADITIVOS FITOGÊNICOS SOBRE O DESEMPENHO, EFICIÊNCIA DE USO DE NITROGÊNIO E EMISSÃO DE METANO DE TOURINHOS NELORE RECRIADOS EM PASTO DE CAPIM MARANDU

RESUMO – Objetivou-se avaliar o consumo e digestibilidade da matéria seca e de nutrientes, desempenho produtivo, produção de metano entérico, parâmetros ruminais, eficiência de uso de nitrogênio e a comunidade microbiana ruminal de tourinhos da raça Nelore mantidos em pasto de capim Marandu no período das águas, recebendo suplemento energético ou mineral, com ou sem inclusão de aditivos fitogênicos. Os aditivos fitogênicos continham carvacrol, cinamaldeído e taninos hidrolisáveis, em que o *blend* comercial foi fornecido nos tratamentos objetivando proporcionar a dose de 1,5 g/kg de MS ingerida. Foram realizados dois experimentos durante os meses de dezembro de 2018 e abril de 2019. No experimento 1, foram utilizados 48 tourinhos Nelore com peso corporal inicial médio de 211 kg \pm 30,20 kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 2, em quatro tratamentos e três repetições para a avaliação de desempenho produtivo e produção de metano entérico. A avaliação do consumo e digestibilidade de nutrientes e produção de metano entérico foram realizadas em 24 animais (seis animais por tratamento), com peso corporal médio de 326 kg \pm 38,27 kg. O experimento 2 foi realizado utilizando oito tourinhos Nelore, castrados, canulados no rúmen, com peso corporal médio de 456,6 kg \pm 32,8 kg, distribuídos em delineamento quadrado latino 4 x 4 duplo, em arranjo fatorial 2 x 2, com quatro períodos experimentais e quatro tratamentos, para a avaliação dos parâmetros ruminais e comunidade microbiana ruminal. Os tratamentos avaliados nos dois experimentos foram: Suplemento energético sem inclusão de aditivos fitogênicos; Suplemento energético com inclusão de aditivos fitogênicos; Suplemento mineral sem inclusão de aditivos fitogênicos; e Suplemento mineral com inclusão de aditivos fitogênicos. A massa de forragem foi maior durante o mês de fevereiro (sendo 8,16 t/ha de MS). Não houve interação suplemento x *blend* de aditivos fitogênicos sobre o consumo e digestibilidade da matéria seca e de nutrientes (experimentos 1 e 2), emissão de CH₄ entérico e desempenho produtivo (experimento 1), e parâmetros ruminais e eficiência de utilização de nitrogênio (experimento 2) ($P > 0,05$). No experimento 1: o consumo de MS total ($P = 0,015$), MO ($P = 0,023$), PB ($P = 0,012$), FDNcp ($P = 0,044$) e de energia ($P < 0,05$) foram maiores nos animais que consumiram suplemento energético. O consumo de MS e de nutrientes não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos aditivos fitogênicos. A digestibilidade da MS ($P = 0,001$), PB ($P = 0,044$) e da energia ($P = 0,050$) foram maiores nos animais que consumiram suplemento energético. A digestibilidade da MS ($P < 0,0001$), FDNcp ($P = 0,025$) e da energia ($P = 0,023$) foram menores nos animais que consumiram aditivos fitogênicos. O GMD ($P = 0,013$), taxa de lotação ($P = 0,024$) e ganho por área ($P = 0,005$) foram maiores para os animais que consumiram suplemento energético. O consumo de suplemento energético proporcionou tendência de aumento na

emissão de CH₄ entérico ($P = 0,065$). No experimento 2, o consumo da MS total ($P = 0,001$), MO ($P = 0,003$), PB ($P = 0,006$), FDNcp ($P = 0,017$) e de energia ($P < 0,05$) foram maiores nos animais que consumiram suplemento energético. O consumo de MS e de nutrientes não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos aditivos fitogênicos. A digestibilidade da MS ($P = 0,0004$), MO ($P < .0001$), PB ($P < .0001$), FDNcp ($P = 0,0006$) e de energia ($P < .0001$) foram maiores nos animais que consumiram suplemento energético. A digestibilidade da MS apresentou tendência de redução ($P = 0,073$) nos animais que consumiram aditivos fitogênicos. O pH, AGCC total e proporção de isobutirato (%) não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos aditivos fitogênicos. Houve tendência de maior proporção de propionato ($P = 0,074$) no rúmen dos animais que consumiram os aditivos fitogênicos, proporcionando incremento de 1,98%. Houve interação suplemento x *blend* de aditivos fitogênicos na excreção de N na urina ($P = 0,033$), sendo maior a excreção em animais que consumiram suplemento energético sem aditivos fitogênicos. Não houve efeito dos suplementos e aditivos fitogênicos na eficiência microbiana ($P > 0,05$). Os aditivos fitogênicos tenderam reduzir a abundância da família *Ruminococcaceae.UGG-010* ($P = 0,089$), *Roseburia spp.* ($P = 0,081$) e *Lachnospiraceae NK3A20 group* ($P = 0,089$). A inclusão de aditivos fitogênicos, compostos por carvacrol, cinamaldeído e taninos hidrolisáveis, na dose 1,5 g/kg MS ingerida, apresenta tendência em reduzir a digestibilidade da MS, pode alterar a comunidade microbiana ruminal e não tem efeitos sobre a emissão de CH₄ entérico e o desempenho produtivo. O fornecimento de suplemento energético melhora a eficiência de utilização do nitrogênio e desempenho produtivo de tourinhos Nelore em pastejo de capim Marandu durante o período das águas.

Palavras-chave: extratos de plantas, forragem, suplementação, uso de nitrogênio, taninos

EFFECTS OF BLEND SUPPLEMENTATION OF PHYTOGENIC ADDITIVES ON PERFORMANCE, NITROGEN USE EFFICIENCY AND METHANE EMISSION OF NELORE BULLS RECREATED IN MARANDU GRASS PASTURE

ABSTRACT – The objective was to evaluate the intake and digestibility of dry matter and nutrients, productive performance, enteric methane production, rumen parameters, nitrogen use efficiency and the ruminal microbial community of Nelore bulls kept on Marandu grass pasture in the period of water, receiving energy or mineral supplement, with or without the inclusion of phytogetic additives. The phytogetic additives contained carvacrol, cinnamaldehyde and hydrolysable tannins, in which the commercial blend was supplied in the treatments aiming to provide a dose of 1.5 g/kg of DM ingested. Two experiments were carried out during the months of December 2018 and April 2019. In experiment 1, 48 Nelore bulls with an average initial body weight of 211 kg ± 30.20 kg were used, distributed in a completely randomized design, in a 2 x 2 factorial arrangement, in four treatments and three replications for the evaluation of productive performance and enteric methane production. The assessment of nutrient intake and digestibility and enteric methane production were performed in 24 animals (six animals per treatment), with an average body weight of 326 kg ± 38.27 kg. Experiment 2 was carried out using eight Nelore bulls, castrated, cannulated in the rumen, with an average body weight of 456.6 kg ± 32.8 kg, distributed in a 4 x 4 double Latin square design, in a 2 x 2 factorial arrangement, with four experimental periods and four treatments, for the evaluation of rumen parameters and ruminal microbial community. The treatments evaluated in the two experiments were: Energy supplement without inclusion of phytogetic additives; Energy supplement with inclusion of phytogetic additives; Mineral supplement without inclusion of phytogetic additives; and Mineral supplement with inclusion of phytogetic additives. Forage mass was higher during the month of February (8.16 t/ha of DM). There was no supplement x blend interaction of phytogetic additives on the intake and digestibility of dry matter and nutrients (experiments 1 and 2), enteric CH₄ emission and performance (experiment 1), and ruminal parameters and nitrogen utilization efficiency (experiment 2) ($P > 0.05$). In experiment 1: total MS intake ($P = 0.015$), MO ($P = 0.023$), CP ($P = 0.012$), NDFcp ($P = 0.044$) and energy ($P < 0.05$) were higher in animals that consumed an energy supplement. DM and nutrient intake were not influenced ($P > 0.05$) by phytogetic additives. The digestibility of DM ($P = 0.001$), CP ($P = 0.044$) and energy ($P = 0.050$) were higher in animals that consumed an energy supplement. The digestibility of DM ($P < .0001$), NDFcp ($P = 0.025$) and energy ($P = 0.023$) were lower in animals that consumed phytogetic additives. The ADG ($P = 0.013$), stocking rate ($P = 0.024$) and gain per area ($P = 0.005$) were higher for animals that consumed energy supplement. The energy supplement intake provided a tendency to increase the emission of enteric CH₄ ($P = 0.065$). In experiment 2, the total MS intake ($P = 0.001$), MO ($P = 0.003$), CP ($P = 0.006$), NDFcp ($P = 0.017$) and energy ($P < 0.05$) were higher in animals that consumed an energy supplement. DM and nutrient intake were not influenced ($P > 0.05$) by phytogetic additives. The digestibility of DM ($P = 0.0004$), OM ($P < .0001$), CP ($P < .0001$), NDFcp

($P = 0.0006$) and energy ($P < .0001$) were higher in animals that consumed an energy supplement. DM digestibility showed a tendency to decrease ($P = 0.073$) in animals that consumed phytogetic additives. The pH, total SCFA and proportion of isobutyrate (%) were not influenced ($P > 0.05$) by phytogetic additives. There was a trend towards a higher proportion of propionate ($P = 0.074$) in the rumen of the animals that consumed the phytogetic additives, providing an increase of 1.98%. There was an interaction supplement x blend of phytogetic additives in the excretion of N in the urine ($P = 0.033$), with higher excretion in animals that consumed SE. There was no effect of supplements and phytogetic additives on microbial efficiency ($P > 0.05$). Phytogetic additives tended to reduce the abundance of the family Ruminococcaceae. UCG-010 ($P = 0.089$), Roseburia spp. ($P = 0.081$) and Lachnospiraceae NK3A20 group ($P = 0.089$). The inclusion of phytogetic additives, composed of carvacrol, cinnamaldehyde and hydrolysable tannins, at a dose of 1.5 g/kg DM ingested, tends to reduce DM digestibility, can alter the ruminal microbial community and has no effect on the emission of enteric CH_4 and performance. Energy supplement supply improves nitrogen utilization efficiency and productive performance of Nellore young bulls grazing on Marandu grass during rainy season.

Keywords: forage, nitrogen use, plant extracts, supplementation, tannins

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A produção de ruminantes tem sido vista como uma problemática global em virtude principalmente da produção de metano (CH_4) no rúmen, a qual está associada a emissão de gases de efeito estufa e, conseqüentemente, com as mudanças climáticas, independente do sistema de produção adotado. No entanto, no Brasil, cerca de 85,94% dos bovinos são terminados a pasto (ABIEC, 2020) e mesmo aqueles terminados em confinamento, tiveram a cria e recria em sistemas a pasto utilizando carboidratos fibrosos como alimento, os quais não podem ser utilizados como alimento pelos humanos.

Obstante a isso, em sistemas de consumo de dietas de alta forragem, pode haver perda de 6 a 12% da energia consumida em forma de metano (Johnson e Johnson, 1995). Por outro lado, o aumento nas perdas de nitrogênio nas fezes e urina pode ocorrer com o consumo de forragens com alta proporção de proteína solúvel, pois a eficiência de utilização do nitrogênio consumido pelos ruminantes é tipicamente baixa e muito variável, em torno de 10 a 40% (Callaway et al., 2003; Calsamiglia et al., 2010).

O excesso de nitrogênio excretado na urina, devido ao aumento no consumo de proteína solúvel, reduz a eficiência de utilização de nitrogênio e aumenta os impactos ambientais causados pela volatilização de amônia (NH_3), emissão de óxido nitroso (N_2O) e lixiviação de nitrato (NO_3) (Dijkstra et al., 2013).

Assim, a utilização de práticas e tecnologias para minimizar esses efeitos e buscar a intensificação sustentável do sistema de produção a pasto, são encontradas por meio do conhecimento das características da estrutura do dossel forrageiro, uso de suplementação da dieta, conhecimento da emissão de gases de efeito estufa e a utilização de ingredientes na dieta que não competem com a alimentação humana (Cardoso et al., 2020).

Essas práticas e tecnologias podem proporcionar o aumento no desempenho animal, o entendimento dos custos adicionais da implementação de novas tecnologias, e ainda, a redução dos danos ambientais causados pelas excreções de nitrogênio na urina e emissão de metano.

O manejo do pasto é realizado com intuito de ajustar a massa de forragem e a taxa de lotação, e pode ser realizado por meio do ajuste da quantidade de animais e forragem de diferentes formas, podendo ser expresso como pressão de pastejo, oferta de forragem, massa de forragem residual, IAF residual, altura do dossel, etc. (Reis et al., 2009). A altura do pasto apresenta relação mais consistente com as respostas de plantas e animais quando comparada com as outras formas (Hodgson, 1990).

A manutenção do pasto na sua altura ideal visa proporcionar ao animal maior facilidade na colheita de forragem, sendo determinante da velocidade de ingestão por animais em pastejo (Carvalho et al., 2001, Silva e Carvalho, 2005). Além disso, a altura é considerada uma prática de fácil aplicabilidade (Da Silva et al., 2013) e possui relação linear e positiva com a massa de forragem, podendo ser utilizada como uma medida indireta de massa de forragem em pastos de gramíneas tropicais (Casagrande et al., 2011).

Aliada ao manejo do pasto, a suplementação da dieta é uma estratégia empregada para melhorar o desempenho animal, através da associação da quantidade e qualidade da forragem disponível, e da quantidade e características do suplemento fornecido (Reis et al., 2009).

Nas características dos suplementos fornecidos, opta-se por incluir aditivos para melhorar a eficiência de utilização dos nutrientes pelos animais. A utilização de aditivos como os ionóforos, antibióticos e inibidores metanogênicos na manipulação do ambiente ruminal tem sido alvo de estudos com o objetivo de melhorar a utilização dos nutrientes pelo animal e reduzir as perdas de energia na forma de metano. No entanto, a preocupação com possíveis resíduos desses aditivos em produtos de origem animal e possível resistência dos microrganismos (Tedeschi et al., 2011; Clark et al., 2012), tem levado alguns países como os da União Europeia a restringir o seu uso (Hristov et al., 2013) e estimular a utilização de produtos naturais, como os aditivos fitogênicos (Ahnert et al., 2015; Adamczyk et al., 2017a; Aboagye et al., 2018; Aboagye et al., 2019).

Os aditivos fitogênicos envolvem compostos secundários de plantas, como óleos essenciais e taninos. Em função da variedade de estruturas químicas que podem ser construídas a partir das unidades básicas formadoras dos

taninos, os resultados verificados na modulação do ambiente ruminal e desempenho animal são variados e inconsistentes.

Além disso, pode haver a ocorrência dos dois grupos de taninos em uma mesma planta e em concentrações diferentes de acordo com a parte da planta (Waghorn, 2008), mas algumas plantas podem possuir predominantemente os taninos hidrolisáveis, enquanto outras, os taninos condensados, gerando uma grande variedade de estruturas químicas (Adamczyk et al., 2017a) sendo necessário a realização de análise para verificar o tipo de tanino encontrado em determinada parte da planta selecionada.

Em geral, os taninos exercem efeitos na fermentação ruminal, como redução na degradação de proteína no rúmen, redução na produção de metano e podem, ainda, melhorar o ganho de peso (Cieslak et al., 2012). Em dietas com alta concentração de proteína degradável no rúmen, o potencial dos taninos pode ser um efeito benéfico, pois pode melhorar a utilização do nitrogênio e, assim, reduzir as perdas de nitrogênio na urina (Ebert et al., 2017).

Com efeitos semelhantes no metabolismo ruminal, os óleos essenciais não são lipídeos verdadeiros, e são provenientes do metabolismo secundário das plantas (Benchaar et al., 2008), proporcionando modulação do ambiente ruminal, sem efeitos na digestibilidade da matéria seca, e com aumento na retenção de nitrogênio e síntese de proteína microbiana (Soltan et al., 2018), e redução na excreção de nitrogênio urinário (Oh et al., 2019).

A utilização desses compostos fitogênicos pode apresentar benefícios na nutrição de ruminantes. No entanto, a oferta de forrageiras ou plantas ricas em taninos para os animais no cocho ou a consorciação com gramíneas apresenta dificuldades de manejo, logística e custo. Logo, a oferta destes compostos via aditivo em suplemento constitui-se em uma opção prática para redução dos impactos ambientais e aumentar a eficiência de uso do N em sistemas de produção de bovinos de corte, proporcionando intensificação sustentável da pecuária de corte.

8. CONCLUSÃO

A inclusão de um *blend* de aditivos fitogênicos, óleos essenciais (cinamaldeído e carvacrol) e taninos hidrolisáveis, na dose 1,5 g/kg MS consumida, em suplemento energético ou suplemento mineral fornecidos a tourinhos Nelore em pastejo em *Urochloa brizantha* cv. Marandu durante o período das águas, tem tendência de reduzir bactérias fibrolíticas, e não apresenta potencial para melhorar a utilização de nutrientes e eficiência de utilização de nitrogênio.

O fornecimento de suplemento energético durante a estação chuvosa em pastos tropicais melhora a utilização dos nutrientes e a eficiência de utilização de nitrogênio.

9. REFERÊNCIAS

Aboagye IA, Oba M, Castillo AR, Koenig KM, Iwaasa AD, Beauchemin KA (2018) Effects of hydrolyzable tannin with or without condensed tannin on methane emissions, nitrogen use, and performance of beef cattle fed a high-forage diet. **Journal of Animal Science** 96:5276-5286.

Ahnert S, Dickhoefer U, Schulz F, Susenbeth A (2015) Influence of ruminal Quebracho tannin extract infusion on apparent nutrient digestibility, nitrogen balance, and urinary purine derivatives excretion in heifers. **Livestock Science** 177:63-70.

ARC, **The nutrient requirements of ruminant livestock**, Technical review by an Agricultural Research Council Working Party, Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, UK, 1984.

Association of Official Agricultural Chemists – AOAC Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 771 p. 1990.

Auffret MD, Dewhurst RJ, Duthie CA, Rooke JA, Wallace RJ, Freeman TC, Stewart R, Watson M, Roehe R (2017) The rumen microbiome as a reservoir of antimicrobial resistance and pathogenicity genes is directly affected by diet in beef cattle. **Microbiome** 5:159.

Barbosa AM, Valadares RFD, Valadares Filho SC, Pina DS, Detmann, E, Leão MI (2011) Endogenous fraction and urinary recovery of purine derivatives obtained by different methods in Nellore cattle. **Journal of Animal Science** 89:510-519.

Benchaar C, Greathead H (2011) Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. **Animal Feed Science and Technology** 166:338-55.

Bergman EN (1990) Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews** 70:567-590. doi:10.1152/physrev.1990.70.2.567

Biondo PBF, Carbonera F, Zawadzki F, Chiavellia LUR, Pilau EJP, Prado IN, Visentainer JV (2017) Antioxidant capacity and identification of bioactive compounds by GC-MS of essential oils commercialized in Brazil. **Current Bioactive Compounds** 13:137-143.

Bokulich NA, Kaehler BD, Rideout JR, et al. (2018) Optimizing taxonomic classification of marker-gene amplicon sequences with QIIME 2's q2-feature-classifier plugin. **Microbiome** a:6:90.

Bolyen E, Rideout JR, Dillon MR, et al. (2019) Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. **Nature Biotechnology** 37: 852–857.

Busquet M, Calsamiglia S, Ferret A, Kamel C (2006) Plant extracts effect *in vitro* rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science** 89:761-771.

Callahan BJ, McMurdie PJ, Rosen MJ, et al. (2016) DADA2: high-resolution sample inference from Illumina amplicon data. **Nature Methods** 13:581-583.

Calsamiglia S, Busquet M, Cardozo PW, Castillejos L, Ferret A (2007) Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science** 90:2580–2595.

Calsamiglia S, Ferret A, Reynolds CK, Kristensen NB, Van Vuuren AM (2010) Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. **Animal** 4:1184–1196.

Chen XB, Gomes MJ (1995) **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of the technical details**, Rowett Research Institute, Bucksburn Aberdeen (Occasional Publication), 1995.

Clark S, Daly R, Jordan E, Lee J, Mathew A, Ebner P (2012) The future of biosecurity and antimicrobial use in livestock production in the United States and the role of extension. **Journal Animal Science** 90:2861–2852.

Cobellis G, Trabalza-Marinucci M, Yu Z (2016) Critical evaluation of essential oils as rumen modifiers in ruminant nutrition: a review. **Science of the Total Environment** 545:556-568.

Costa e Silva LF, Valadares Filho SC, Chizzotti ML, Rotta PP, Prados LF, Valadares RFD, Zanetti D, Braga JMS (2012) Creatinine excretion and relationship with body weight of Nelore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia** 41:807–810.

Costa M, Alves SP, Cappucci A, Cook SR, Duarte A, Caldeira RM, McAllister TA, Bessa RJB (2018) Effects of condensed and hydrolysable tannins on rumen metabolism with emphasis on the biohydrogenation of unsaturated fatty acids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 66:3367-3377.

Detmann E, Paulino MF, Mantovani HC, et al. (2009) Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using Michaelis-Menten kinetics. **Livestock Science** 126:136-146.

Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC (2010) Otimização do uso de recursos forrageiros basais. In: **Anais** do 7º Simpósio de Produção de Gado de Corte, Viçosa. pp.191-240.

Faith DP (1992) Conservation evaluation and phylogenetic diversity. **Biological Conservation** 61:1-10.

Famme P, Knudsen J (1984) Total heat balance study of anaerobiosis in *Tubiflex* (Muller). **Journal of Comparative Physiology** 154(B):587-591.

Firkins JL, Berger LL, Fahey Jr GC (1985) Evaluation of wet and dry distillers grains and dry corn gluten feeds for ruminants. **Journal of Animal Science** 60(3):847-860.

García V, Catalá-Gregori P, Madrid J, Hernández F, Megías MD, Andrade-Montemayor HM (2007) Potential of carvacrol to modify in vitro rumen fermentation as compared with monensin. **Animal** 1(5):675-680.

Gast RJ, Sanders RW, Caron DA (2009) Ecological strategies of protists and their symbiotic relationships with prokaryotic microbes. **Trends Microbiology** 17:563-569.

Geraci JJ, Garcarena AD, Gagliostro GA, Beauchemin KA, Colombatto D (2012) Plant extracts containing cinnamaldehyde, eugenol and capsicum oleoresin added to feedlot cattle diets Ruminal environment, short term intake pattern and animal performance. **Animal Feed Science and Technology** 176:123–130.

Granja-Salcedo YT, Ramirez-Uscategui RA, Machado EG, Messana JD, Kishi LT, Dias AVL, Berchielli TT (2017) Studies on bacterial community composition are affected by the time and storage method of the rumen content. **PLoS One** 12(4):e0176701.

Halls LK (1954) The approximation of cattle diet through herbage sampling. **Rangeland Ecology and Management** 7:269–270.

Hedlund BP (2010) “**Phylum XXIII. Verrucomicrobia phyl. nov.**,” in *Bergey’s Manual R of Systematic Bacteriology*, 2nd Edn, Vol. 4, eds N. R. Krieg, W. Ludwig, W. Whitman, B. P. Hedlund, B. J. Paster, J. T. Staley, et al. (New York, NY: Springer), 795–841. doi: 10.1007/978-0-387-68572-4_12

Helander IM, Alakomi HL, Latva-Kala K, Mattila-Sandholm T, Pol I, Smid EJ, Gorris LGM, Wright AV (1998) Characterization of the Action of Selected Essential Oil Components on Gram-Negative Bacteria. **Journal of the Agriculture and Food Chemistry** 46:3590–3595.

Henderson G, Cox F, Kittelmann S, Heidarian MV, Zethof M, Noel SJ, Waghorn GC, Janssen PH (2013) Effect of DNA Extraction Methods and Sampling Techniques on the Apparent Structure of Cow and Sheep Rumen Microbial Communities. **PLoS ONE** 8(9):e74787.

Hobson PN, Stewart CS (ed). 1997. **The rumen microbial ecosystem**. Blackie Academic and Professional, London, England.

Hoffmann A, Cardoso AS, Fonseca NVB, Romanzini EP, Siniscalchi D, Berndt A, Ruggieri AC, Reis RA (2021) Effects of supplementation with corn distillers’ dried grains on animal performance, nitrogen balance, and enteric CH₄ emissions of young Nelore bulls fed a high-tropical forage diet. **Animal** 15:100155.

Jami E, White BA, Mizrahi I (2014) Potential role of the bovine rumen microbiome in modulating milk composition and feed efficiency. **PLoS One** 9:1–6. doi:10.1371/journal.pone.0085423

Jayanegara A, Goel G, Makkar HPS, Becker K (2015) Divergence between purified hydrolysable and condensed tannin effects on methane emission, rumen fermentation and microbial population in vitro. **Animal Feed Science and Technology** 209:60–68.

Katoh K, Misawa K, Kuma K, et al. (2002) MAFFT: a novel method for rapid multiple sequence alignment based on fast Fourier transform. **Nucleic Acids Research** 30:3059–3066.

Kawamoto H, Nakatsubo F, Murakami K (1995) Quantitative determination of tannin and protein in the precipitates by high-performance liquid chromatography. **Phytochemistry** 40:1503–1505. doi:10.1016/0031-9422(95)00451-C

Kennedy PM, Milligan LP (1980) The degradation and utilization of endogenous urea the gastrointestinal tract of ruminants: a review. **Canadian Journal Animal Science** 60:205–221. doi:10.4141/cjas80-030.

Kent NL (1983) Technology of cereal: An introduction for students of food science and agriculture. 3, ed, London: Pergamon Press, 1983.221p.

Kiro RP (2017) Assessment of the rumen fluid of a bovine patient. **Dairy Veterinary Science Journal** 2:555588. doi:10.19080/JDVS.2017.02.555588.

Kittelmann S, Pinares-Patino CS, Seedorf H, Kirk MR, Ganesh S, McEwan JC, et al. (2014) Two different bacterial community types are linked with the low-methane emission trait in sheep. **Plos One** 9(7):e103171.

Kletzin A, Urich T, Müller F, Bandejas TM, Gomes CM (2004) Dissimilatory oxidation and reduction of elemental sulfur in thermophilic archaea. **Journal of Bioenergetics and Biomembranes** 36:77–91.

Koike S, Kobayashi Y (2009) Fibrolytic rumen bacteria: their ecology and functions. **Asian-Australasian Journal Animal Science** 22(1):131–138.

Krueger WK, Gutierrez-Banuelos H, Carstens GE, Min BR, Pinchak WE, Gomez RR, Anderson RC, Krueger NA, Forbes TDA (2010) Effects of dietary tannin source on performance, feed efficiency, ruminal fermentation, and carcass and non-carcass traits in steers fed a high-grain diet. **Animal Feed Science and Technology** 159, 1–9.

Langille MGI, Zaneveld J, et al. (2013) Predictive functional profiling of microbial communities using 16S rRNA marker gene sequences. **Nature Biotechnology** 31(9):814–821.

Licitra G, Hernandez TM, Van Soest PJ (1996) Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Science Feed Technology** 57: 347.

MacAdam JW, Villalba JJ (2015) Beneficial effects of temperate forage legumes that contain condensed tannins. **Agriculture** 5:475-491. doi:10.3390/agriculture5030475

Makkar HPS, Francis G, Becker K (2007) Bioactivity of phytochemicals in some lesser-known plants and their effects and potential applications in livestock and aquaculture production systems. **Animal** 1:1371–1391.

Mcdonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA, Sinclair LA., Wilkinson RG (2011) **Animal Nutrition** 7:171-185.

McSweeney CS, Palmer B, Mcneill DM, Krause DO (2001) Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. **Animal Feed Science Technology** 91:83–93.

Min BR, Gurung N, Shange R, Solaiman S (2019) Potential role of rumen microbiota in altering average daily gain and feed efficiency in meat goats fed simple and mixed pastures using bacterial tag-encoded FLX amplicon pyrosequencing. **Journal of Animal Science** 97:3523-3534.

Min BR, Wright C, Ho P, Eun JS, Gurung N, Shange R (2014) The effect of phytochemical tannins-containing diet on rumen fermentation characteristics and microbial diversity dynamics in goats using 16S rDNA amplicon pyrosequencing. **Agriculture, Food and Analytical Bacteriology** 4:195–211.

Moss AR, Jouany JP, Newbold J, Agabriel J, Givens I (2000) Methane production by ruminants: its contribution to global warming. **Annales De Zootechnie** 49, 231–253.

Mott GO, Lucas HL (1952) The design conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: International Grassland Congress, 6^o, 1952, Pennsylvania. **Anais...** Pennsylvania State College. p.1380-1395.

Myer PR, Smith TP, Wells JE, Kuehn LA, Freetly HC (2015) Rumen microbiome from steers differing in feed efficiency. **PLoS One** 10:e0129174. doi:10.1371/journal.pone.0129174

Nardi RD, Marchesin GM, Li S, Khafipour E, Plaizier KJC, Gianesella M, Ricci R, Andrighetto I, Segato S (2016) Metagenomic analysis of rumen microbial population in dairy heifers fed a high grain diet supplemented with dicarboxylic acids or polyphenols. **CMC Veterinary Research** 12:1-9. doi:10.1186%2Fs12917-016-0653-4

National Research Council, NRC (1996) **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th ed. Washington, D.C.: National Academy Press.

Nazzaro F, Fratianni F, De Martino L, Coppola R, De Feo V (2013) Effect of essential oils on pathogenic bacteria. **Pharmaceuticals** 6:1451–1474.

Nelson KE, Pell AN, Schofield P, Zinder S (1995) Isolation and Characterization of an Anaerobic Ruminal Bacterium Capable of Degrading Hydrolyzable Tannins. **Applied and Environmental Microbiology** 61(9):3293-3298.

Ozkose E, Kuloçxlu R, Comlekcioglu U, Kar B, Akyol I, Ekinçi MS (2011) Effects of tannic acid on the fibrolytic enzyme activity and survival of some ruminal bacteria. **International Journal of Agriculture and Biology** 13:386e390.

Patra AK, Saxena J (2011) Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition – Review. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 91:24-37.

Patra AK, Yu Z (2012) Effects of essential oils on methane production and fermentation by and abundance and diversity of, rumen microbial populations. **Applied and Environmental Microbiology** 78:4271–4280.

Poppi DP, McLennan SR (1995) Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science** 73:278- 290.

Price MN, Dehal PS, Arkin AP (2010) FastTree 2–approximately maximum-likelihood trees for large alignments. **PLoS ONE** 5:e9490.

Quast C, Pruesse E, Yilmaz P, Gerken J, Schweer T, Yarza P, Peplies J, Glöckner FO (2013) The SILVA ribosomal RNA gene database project: improved data processing and web-based tools. Opens external link in new window **Nucleic Acids Research** 41 (D1): D590-D596.

Reynolds CK, Aikman PC, Lupoli B, Humphries DJ, Beaver DE (2003) Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. **Journal of Dairy Science** 86:1201-1217. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73704-7

Robertson JB, Van Soest PJ (1981) The detergent system of analysis. In: JAMES, W. P. T., THEANDER, O. (Eds.). **The Analysis of Dietary Fibre in Food**. Marcel Dekker, NY, Chapter 9, p. 123–158.

Rodrigues PB, Rostagno HS, Albino LFT, Gomes PC, Barboza WA, Nunes RV (2001) Aminoácidos digestíveis verdadeiros do milho, do milho e subprodutos do milho, determinados com galos adultos cectomizados. **Revista Brasileira de Zootecnia** 30(6S):2046-2058.

Saminathan M, Sieo CC, Abdullah N, Wong CMVL, Ho YW (2015). Effects of condensed tannin fractions of different molecular weights from a *Leucaena leucocephala* hybrid on in vitro methane production and rumen fermentation. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 95:2742–2749.

Saminathan M, Siew CC, Gan HM, Abdullah N, Wong CMVL, Ho YW (2016) Effects of condensed tannin fractions of different molecular weights on population and diversity of bovine rumen methanogenic archaea in vitro, as determined by high-throughput sequencing. **Animal Feed Science and Technology** 216:146-160.

Santos FAP, Pereira EM, Pedroso AM. Suplementação energética de bovinos de corte em confinamento. In: Simpósio De Bovinocultura De Corte, 5., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005.

Santos, FA (2004) Glúten de milho na alimentação de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime** 1(3):79-100.

Saro C, Ranilla MJ, Carro MD (2012) Postprandial changes of fiber-degrading microbes in the rumen of sheep fed diets varying in type of forage as monitored by real-time PCR and automated ribosomal intergenic spacer analysis. **Journal of Animal Science** 90:4487–4494.

Stewart EK, Beauchemin KA, Dai X, MacAdam JW, Christensen RG, Villalba JJ (2019) Effect of tannin-containing hays on enteric methane emissions and nitrogen partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science** 97(8):3286-3299.

Street JC, Butcher JE, Harris LE (1964) Estimating urine energy from urine nitrogen. **Journal of Animal Science** 23:1039-1041.

Tedeschi LO, Callaway TR, Muir JP, Anderson RC (2011) Potential environmental benefits of feed additives and other strategies for ruminant production. **Revista Brasileira de Zootecnia** 40:291-309.

Teobaldo RW, De Paula NF, Zervoudakis JT, Fonseca MA, Cabral LS, Martello HF, Rocha JKL, Ribeiro IJ, Mundim AT (2020) Inclusion of a blend of copaiba, cashew nut shell and castor oil in the protein-energy supplement for grazing beef cattle improves rumen fermentation, nutrient intake and fibre digestibility. **Animal Production Science** 60:1039–1050.

Tiwari BK, Valdramidis VP, O'Donnell CP, Muthukumarappan K, Bourke P, Cullen PJ (2009) Application of natural antimicrobials for food preservation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 57:5987–6000.

Toral PG, Hervas G, Bichi E, Belenguer A, Frutos P (2011) Tannins as feed additives to modulate ruminal biohydrogenation: effects on animal performance, milk fatty acid composition and ruminal fermentation in dairy ewes fed a diet containing sunflower oil. **Animal Feed Science and Technology** 164,199–206.

Valadares RFD, Gonçalves LC, Rodriguez NM, Valadares Filho SC, Silva JFC (1997) Níveis de proteína em dietas de bovinos. 2. Consumo, digestibilidade e balanço de compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 26(6):1259-1263.

Valente TNP, Detmann E, Queiroz AC, Valadares Filho SC, Gomes DI, Figueiras JF (2011) Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia** 40:2565-2573.

Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science** 74:3583-3597.

Vendramini JMB, Sanchez JMD, Cooke RF, Aguiar AD, Moriel P, da Silva WL, Cunha OFR, Ferreira PDS, Pereira AC (2015). Stocking rate and monensin supplemental level effects on growth performance of beef cattle consuming warm-season grasses. **Journal of Animal Science** 93:3682–3689.

Whitford MF, Teather RM, Forster RJ (2001). Phylogenetic analysis of methanogens from the bovine rumen. **BMC Microbiology** 1:5.

Wilkinson TJ, Huws SA, et al. (2018) **CowPI: A rumen microbiome focussed version of the PICRUSt functional inference software**. *Frontiers in Microbiology*, 9, p.1095.

Witzig M, Zeder M, Rodehutschord, M (2018) Effect of the ionophore monensin and tannin extracts supplemented to grass silage on populations of ruminal cellulolytics and methanogens in vitro. **Anaerobe** 50:44-54.

Wright AD, Ma X, Obispo NE (2008). Methanobrevibacter phylotypes are the dominant methanogens in sheep from Venezuela. **Microbial Ecology** 56:390–394.

Yang K, Wei C, Zhao GY, Xu ZW, Lin SX (2017) Effects of dietary supplementing tannic acid in the ration of beef cattle on rumen fermentation, methane emission, microbial flora and nutrient digestibility. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 101:302-310.

Zhang XM, Medrano RF, et al (2019) Corn oil supplementation enhances hydrogen use for biohydrogenation, inhibits methanogenesis, and alters fermentation pathways and the microbial community in the rumen of goats. **Journal of Animal Science** 97(12):4999–5008.