

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Emissão de Metano por Cordeiros em Pastagens Tropicais

NEUZA MARIA FAJARDO

Engenheira Agrônoma / UFRGS

Mestre em Zootecnia / UFRGS

Tese apresentada como um dos requisitos à obtenção do grau de Doutor
em Zootecnia

Área de concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil

Março, 2018

CIP - Catalogação na Publicação

Fajardo, Neuza Maria

Emissão de Metano por Cordeiros em Pastagens
Tropicais / Neuza Maria Fajardo. -- 2018.

84 f.

Orientador: Cesar Henrique Espírito Candal Poli.

Coorientador: Paulo César da Fátima Carvalho.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. polietileno glicol. 2. tanino condensado. 3.
aruana. 4. feijão guandu. I. Poli, Cesar Henrique
Espírito Candal, orient. II. Carvalho, Paulo César
da Fátima, coorient. III. Título.

NEUZA MARIA FAJARDO
ENGENHEIRA AGRÔNOMA E MESTRE EM ZOOTECNIA

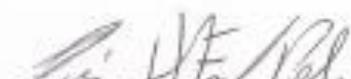
TESE

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

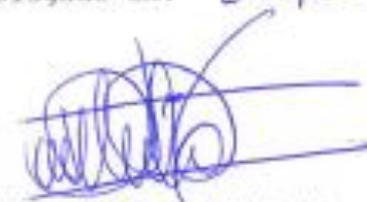
DOUTORA EM ZOOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovada em: 29.03.2018
Pela Banca Examinadora

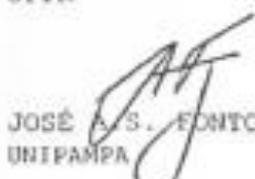

CÉSAR H. E. C. FOLI
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador

Homologado em: 28/05/2018
Por


DANILO PEDRO STREIT JR.
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia


JULIO O. J. MARCELLOS
PPG ZOOTECNIA/UFRGS


ALDA L. G. MONTEIRO
UFRS


JOSÉ A. S. FONTOURA JUNIOR
UNIPAMPA


CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de Agronomia

Aos meus pais Francisco e
Mercedes, *in Memoriam*.
Aos meus tios Luis e Elza (*in Memoriam*), Roque e
Fredolina, *in Memoriam*.
Pois graças aos seus ensinamentos e incentivo aos
estudos, hoje concluo mais essa etapa.
Aos meus irmãos Francisco, Maria do Carmo, Sirlei e
Ricardo.
Aos meus filhos Kalil, Mariana e Kalyston.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A todos colegas de grupo: Jalise Tontini, Mariana Farias, Marina Braga, Juliane Castro, Viviane Hampel, Pâmela Ribeiro, Joseane Anjos, Aline Sgiers, Fernanda Fontoura, Gustavo Strelczuk, Lucas Ferreira, Thais Devicenzi, e Germana Marques, pela ajuda no decorrer de todo o experimento.

À equipe da Estação Experimental Agronômica da UFRGS.

Ao Professor Paulo Carvalho e ao grupo GPEP pela cessão do laboratório, equipamentos e auxílio em geral.

A todos professores do PPG - Zootecnia pelos ensinamentos e disponibilidade em ajudar quando solicitados.

A Leonardo Deiss pela fundamental ajuda com a estatística.

A Francisco Gonçalves Fajardo pelo apoio e carinho incondicional.

Ao Prof. Cimélio Bayer e toda equipe do laboratório de solos da UFRGS, pela realização das análises de metano.

À Ione Borcelli, secretária do PPG- Zootecnia, sempre prestativa e atenciosa.

À bibliotecária Mara Neide Emmanuelli pela revisão e correção das referências.

Agradeço também a quem me ajudou e, por um lapso de memória, não mencionei.

Ao meu Orientador, Prof. Cesar Poli, pelas oportunidades, amizade, confiança, atenção e orientação.

À família Empada no Prato pelo apoio e dedicação.

Finalizando, agradeço a DEUS por me proporcionar conviver, com todos, que assim tornaram minha vida mais afetuosa.

EMISSÃO DE METANO POR CORDEIROS EM PASTAGENS TROPICAIS ¹

Autor: Neuza Maria Fajardo

Orientador: Cesar Henrique Espírito Candal Poli

Coorientador: Paulo César de Faccio Carvalho

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo avaliar a emissão de metano por cordeiros alimentados em diferentes pastagens tropicais: *Panicum maximum* cv. IZ-5 (capim aruana) e *Cajanus cajan* cv. anão (feijão guandu), e suas relações com a composição química destas pastagens. Os trabalhos foram conduzidos na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, nos anos de 2015 e 2016. O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados com três repetições. O capítulo II relata os resultados da emissão de metano por cordeiros pastejando nos seguintes tratamentos: 1) ARU – somente capim aruana; 2) FG - somente feijão Guandu; 3) AFG – meio piquete com capim aruana, e a outra metade com feijão Guandu. Para avaliação de metano foi utilizado a técnica com marcador SF₆. No experimento do capítulo II, utilizou-se parcela subdividida, sendo a subparcela dois animais testes que receberam polietileno glicol (PEG) para quelar o tanino presente no feijão guandu, e dois que receberam água como controle. As emissões de metano por consumo de matéria seca (EMICONMSDIA) não apresentaram diferença entre os tratamentos, mesmo considerando as dosificações com polietileno glicol (PEG) ou água (P=0,9235). O tratamento FG (P=0,036) apresentou mais altos níveis de taninos condensados do que os demais tratamentos. Apesar de diferenças nas suas características químicas, a emissão de metano de cordeiros é semelhante entre pastagens tropicais de capim aruana (*Panicum maximum* cv. IZ-5), feijão Guandu (*Cajanus cajan* cv. Anão). Os taninos condensados presentes na forrageira feijão guandu, nas condições experimentais deste trabalho, não demonstraram potencial para contribuir na redução da emissão de metano por cordeiros. No capítulo III, os tratamentos, manejo dos animais e delineamento experimental foram semelhantes ao capítulo II. Os resultados demonstraram que não há uma relação direta entre as características bioquímicas do alimento e a emissão de metano. Essa desassociação entre a emissão de metano e a composição química da pastagem foi constatada tanto quando relacionou-se a emissão por animal (EMI), quanto quando relacionou-se com a emissão por quilograma de matéria seca ingerida (EMICONMSDIA). Conclui-se, então, que não é possível relacionar a emissão de metano de cordeiros com as características químicas das plantas forrageiras tropicais perenes, capim aruana e feijão Guandu.

Palavras-chave: polietileno glicol, tanino condensado, aruana, feijão guandu

⁽¹⁾Tese de Doutorado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (84p.), Março, 2018.

METHANE EMISSION BY LAMBS IN TROPICAL PASTURES ⁽¹⁾

Author: Neuza Maria Fajardo

Adviser: Cesar Henrique Espírito Candal Poli

Co-adviser: Paulo César de Faccio Carvalho

ABSTRACT: The researches carried out in the present work had the objective of evaluating the emission of methane by lambs fed on different tropical pastures: *Panicum maximum* cv. IZ-5 (Aruana grass) and *Cajanus cajan* cv. dwarf (pigeon pea), and their relationships with the chemical composition of these pastures. The works were conducted at the Experimental Agronomic Station of UFRGS, between January and April 2016, Chapter II; and from February to April 2015, Chapter III. The experimental design was of randomized complete blocks with three replicates. The blocking was carried out with the objective of eliminating variations of slope of the terrain (flat area, sloping at the top and sloping slope). Chapter II reports the results of methane emission by grazing lambs in the following treatments: 1) ARU - only aruana grass; 2) FG - only Guandu beans; 3) AFG - half picket with aruana grass, and the other half with Guandu beans. For methane evaluation, the SF6 marker technique was used. In the experiment of chapter II, a subdivided plot was used, the subplot being two test animals that received polyethylene glycol (PEG) to chelate the tannin present in the pigeon pea, and two that received water as control. Emissions of methane by dry matter intake (EMICONMSDIA) did not show any difference between treatments, even considering the dosages with polyethylene glycol (PEG) or water ($P = 0.9235$). FG treatment ($P = 0.036$) presented higher levels of condensed tannins than the other treatments. Despite differences in their chemical characteristics, the methane emission of lambs is similar between tropical pastures of Aruana grass (*Panicum maximum* cv. IZ-5), Guandu beans (*Cajanus cajan* cv. Dwarf), and when these forages are offered at will, in two lanes in the picket. The condensed tannins present in the forage pigeon pea, under the experimental conditions of this work, did not demonstrate the potential to contribute in the reduction of the methane emission by lambs. In Chapter III, treatments, animal management and experimental design were similar to Chapter II. The relationships between the chemical composition of pastures of nutritional influence showed to be quite variable in the methane emission response. The results showed that there is no direct relationship between the biochemical characteristics of the food and the emission of methane. This dissociation between the methane emission and the chemical composition of the pasture was verified both when the emission per animal (EMI) was related and when it was related to the emission per kilogram of ingested dry matter (EMICONMSDIA). It is concluded that it is not possible to relate the emission of methane with the chemical characteristics of perennial tropical forage plants *Panicum maximum* cv. IZ-5, and *Cajanus cajan* cv. Dwarf.

Key words: polyethylene glycol, condensed tannin, aruana, pigeon pea

⁽¹⁾Doctoral Thesis in Animal Science– Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (84p.), March, 2018.

Sumário

RELAÇÃO DE TABELAS	09
RELAÇÕES DE FIGURAS	10
RELAÇÃO DE ABREVIATURAS.....	11
CAPÍTULO I	12
1.INTRODUÇÃO	13
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Produção de metano	14
2.2. Taninos	16
2.3.Composição química de pastagens	17
2.4. Forrageiras tropicais.....	18
2.4.1. <i>Panicum maximum</i> cv. IZ- 5.....	18
2.4.2. <i>Cajanus cajan</i> L. cv. Anão	19
3. HIPÓTESE	20
4. OBJETIVO.....	20
5.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
CAPÍTULO II	21
Emissão de Metano por Cordeiros em Pastagens Tropicais	21
1.Resumo	22
2.Introdução	23
3.Material e Métodos.....	24
3.1.Local.....	24
3.2.Animais.....	24
3.3.Tratamentos e delineamento	25
3.4.Avaliação da pastagem	25
3.5.Qualidade da pastagem	26
3.6.Uso do Polietileno glicol (PEG).....	27

3.7. Estimativa de produção de metano	27
3.8. Análise Estatística	28
4. Resultados	29
5. Discussão	30
6. Conclusão.....	33
7. Agradecimentos	33
8. Referências Bibliográficas.....	34
CAPÍTULO III	39
Parâmetros bromatológicos de pastagens tropicais e a produção de metano	39
1. Resumo	40
2. Introdução	41
3. Material e Métodos.....	42
3.1. Animais, tratamentos e delineamento experimental	42
3.2. Animais.....	42
3.3. Tratamentos e delineamento	42
3.4. Estimativa de produção de metano	43
3.5. Avaliação da pastagem.....	44
3.6. Qualidade da pastagem	45
3.7. Avaliação dos Animais	45
3.8. Consumo e digestibilidade.....	46
3.9. Análise Estatística	46
4. Resultados	47
5. Discussão	48
6. Conclusão.....	50
7. Agradecimentos	50
8. Referências Bibliográficas.....	51

CAPÍTULO IV	62
CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS	64
APÊNDICE	70
VITA	84

RELAÇÃO DE TABELAS

CAPÍTULO II	21
Tabela 1 Qualidade nutricional de pastagem tropical de capim aruana e feijão guandu (proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE) e taninos condensados (TC)), a oferta média por tratamento (OF) e a relação folha colmo(RFC). As amostras foram coletadas por simulação de pastejo, indicando a dieta dos animais.	37
Tabela 2 Peso do animais (PESO), ganho médio diário(GMD), consumo em percentual do peso vivo(CONSpV), emissão de metano por consumo de matéria seca dia (EMICONSMSDIA), emissão de metano pelo ganho médio diário (EMIGMD), emissão de metano pelo peso vivo (EMIPV), e a emissão de metano por animal por dia(EMI).....	38

RELAÇÕES DE FIGURAS

CAPÍTULO III	39
Figura 1 Proteína bruta (PB) (%MS) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).....	53
Figura 2 Fibra em detergente neutro(FDN) (%MS) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).....	54
Figura 3 Fibra em detergente ácido (FDA) (%MS) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).....	55
Figura 4 Extrato etéreo (EE) (%MS) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).....	56
Figura 5 Energia metabolizável(EMkcal) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).....	57
Figura 6 Carboidratos totais (CHOT)(%MS) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).....	58
Figura 7 Carboidratos não fibrosos(CNF) (%MS) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).....	59
Figura 8 Nutrientes digestíveis totais (NDT)(%MS) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).....	60
Figura 9 Taninos condensado totais (TC)(%MS) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).....	61

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS

AFG: tratamento *Panicum maximum* cv. IZ-5(capim aruana) e *Cajanus cajan* cv. anão (feijão Guandu) (metade do piquete capim aruana e metade feijão guandu)
ARU: Tratamento somente *Panicum maximum* cv. IZ-5(capim aruana)
FG: Tratamento somente *Cajanus cajan* cv. anão (feijão Guandu)
CHOT: carboidratos totais
CNF: carboidratos não fibrosos
CONMSDIA: consumo matéria seca dia
DMS: digestibilidade aparente da matéria seca
EE: extrato etéreo percentual da matéria seca
EMICONMSDIA: emissão consumo matéria seca dia
EMICONMO: emissão consumo matéria orgânica
FDA: fibra em detergente ácido percentual da matéria seca
FDN: fibra em detergente neutro percentual da matéria seca
FG: feijão Guandu
GMD: ganho médio diário
MF: massa de forragem
MO: matéria orgânica
MS: matéria seca
MM: material morto
NDT: nutrientes digestíveis totais em percentual da matéria seca
OF: oferta de forragem
PEG: polietileno glicol
PB: proteína bruta em percentual da matéria seca
PV: peso vivo
TA: taxa de acúmulo
TC: taninos condensados
TH: taninos hidrolisáveis
TT: taninos totais

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

A FAO, em 2006, alertou sobre o possível impacto da emissão de metano por ruminantes no meio ambiente através do efeito estufa. Devido a isso tornou, então, prioritária a pesquisa na emissão de metano nos sistemas agropecuários mundiais, pois as pastagens ocupam dois terços da área agricultável no mundo e grande parte do território brasileiro. O uso de leguminosas figuram, dentre outras tecnologias, como promissoras para reduzir a curva de emissão de carbono, uma vez que o processo digestivo de fermentação dos ruminantes é reconhecido como importante fonte de emissão de gás metano (Johnson & Johnson, 1995).

As pastagens de verão tem mostrado grande potencial para criação de ovinos (Carvalho et al. 2004; Monteiro et al. 2009; Poli et al 2012;), auxiliando de forma significativa na redução da sazonalidade da produção de carne de cordeiro na região Sul (Poli et al., 2012), e com grande potencial para melhorar a qualidade da carne e carcaça com reflexos na saúde humana. Também, apresentam características bioquímicas que podem gerar um relevante impacto na produção de carne, como os taninos condensados (Liu et al., 2012). No entanto, o efeito dos taninos condensados das forrageiras tropicais ainda é pouco conhecido, principalmente das leguminosas, na produtividade e na qualidade da carne de ruminantes.

Dessa forma, as indicações para a redução das emissões de metano pela pecuária estão ligadas ao manejo alimentar e às estratégias nutricionais. Entretanto, ainda não está claro o efeito de diferentes espécies forrageiras, do uso de leguminosas nas emissões de metano. Diante disso, o trabalho terá como objetivo: avaliar o reflexo de gramínea e leguminosa tropical, na emissão de metano.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Produção de metano

Herbívoros ruminantes, como bovinos, ovinos, bubalinos, caprinos e outros produzem metano através da fermentação entérica, uma etapa do processo digestivo que ocorre no rúmen. As emissões globais desse gás, geradas a partir dos processos entéricos, são estimadas em 80 milhões de toneladas anuais, correspondendo em torno de 22% das emissões totais de metano geradas por fontes antrópicas (USEPA, 2000).

A fermentação entérica dos animais herbívoros ruminantes, inerente a sua fisiologia digestiva, é uma das maiores fontes de emissão de CH₄ no país. A intensidade da emissão de metano depende do tipo de animal, da quantidade e grau de digestibilidade da massa digerida e do esforço ao qual o animal é submetido. Em bovinos, a taxa de conversão em metano é estimada, em média, em 6% da energia bruta do alimento ingerido (Pedreira & Primavesi, 2006). Sabendo-se que a produção de metano varia de acordo com a quantidade e qualidade do alimento digerido (Brasil, 2009), as várias modalidades e condições de sistemas de criação de animais domésticos implicam fatores diferentes de emissão de metano. As opções de redução das emissões de metano na atividade pecuária estão associadas ao aumento da produtividade animal, com o objetivo de se obterem maiores valores de produção animal por quantidade de metano emitido.

Ruminantes manejados extensivamente podem ter suas emissões reduzidas por meio da melhoria da digestão fermentativa no rúmen, administrando-se dietas a base de ureia, de proteínas e fornecendo nutrientes vitais. O tipo e as quantidades de alimentos utilizados na produção de ovinos têm grande impacto sobre as emissões de metano. A digestibilidade dos alimentos e a proporção de volumoso na dieta são, por exemplo, fatores importantes a considerar no cálculo das emissões.

O metano é produzido por bactérias metanogênicas presentes na solução do rúmen e, portanto, o papel que o próprio animal desempenha é apenas mediar a interação entre o hospedeiro e as bactérias. A emissão de metano é também um desafio "fenotípico" a ser estabelecido, pois, as características de emissão de metano variam com o tipo de forragem, com a estação do ano, quantidade ingerida, composição nutricional e idade do animal, por isso a grande variedade de níveis de emissão entre animais (Brasil, 2009). Assim, apurar o verdadeiro nível de emissão de um animal e ter confiança na persistência desse valor individual de emissão é essencial e também um desafio considerável.

Avaliando rebanhos de ruminantes em pastejo, observou-se que a taxa de liberação de metano segue um padrão diurno bifásico com taxas máximas de emissão no meio da manhã e no final da tarde. Esses picos provavelmente coincidem com os horários de maior intensidade de pastejo (manhã e noite) (Champion et al., 1994). A taxa de emissão de metano aumenta

e reduz depois das refeições (Mathers & Walters, 1982; Nolan et al., 2010) em resposta ao alimento fornecido. Quando em alimentação, a frequência de contração ruminal sofre alteração em bovinos e menos em ovinos (Waghorn & Reid, 1983). Porém, a frequência de eructação não está ligada à frequência de contração ruminal, mas o acúmulo do gás. No Brasil, a pecuária é responsabilizada por quase a totalidade das emissões de metano oriundas da atividade agrícola, e o maior percentual originária de áreas de pastagens extensivas (Lima, 2002).

No Brasil, as maiores partes da emissão de metano proveem de áreas extensivas de pastagem. A suplementação alimentar de bovinos e ovinos em pasto constitui um fator limitante, devido ao elevado custo, para uma significativa parte das propriedades rurais. Por isso, torna-se, cada dia, mais urgente a necessidade de se pesquisar alternativas alimentares, em função dos recursos naturais, condições climáticas e estruturas sócio-econômicas específicas de cada região (Lima, 2006). Para animais mantidos em regime de pastagens, destaca-se a técnica do traçador (interno) hexafluoreto de enxofre (SF_6) (Johnson & Johnson (1995)). Por meio de estimativas acuradas das taxas de emissão de metano derivada de ruminantes, bem como de seu monitoramento é possível se estabelecer diferentes estratégias de manejo animal direcionado para a redução das emissões de metano por unidade de produto (Lima, 2006).

A ingestão de alimento é uma variável importante na previsão de emissões de CH_4 . Johnson & Johnson (1995) constataram que a perda de metano como porcentagem da ingestão de energia reduz em 1,6% de unidades por cada nível de consumo acima do necessário para o metabolismo basal. Para a produção de cordeiros em pastagem, Hegarty et al., (2010) previram um aumento linear no ganho médio diário e um aumento na produção de metano, com aumento da quantidade de matéria seca ingerida e com uma taxa maior no ganho médio diário para alimentos com maior índice de digestibilidade. Além disso mínimas alterações na ingestão de energia resultam em pequenas alterações na taxa de produção de metano porém, grandes mudanças no desempenho animal (Hegarty et al., 2010).

Gramíneas com alto teor de açúcar, ou seja, com elevadas concentrações de carboidratos solúveis, são consideradas uma ferramenta para mitigar o impacto ambiental da produção pecuária. Contudo, sua contribuição é questionável, segundo Parsons et al. (2011).

Estudos realizados com genoma de metanógenas ruminais relatam estimativa de que 0,3% a 3% da biomassa ruminal é composta por Archaeas. Ao pesquisar o gene RNA ribossômico de ruminantes em vários lugares do mundo, constatou-se que três grupos de metanogênicas predominam no ambiente ruminal e são eles: *Methanobrevibacter* spp., *Methanomicrobium* spp. e Rumen Cluster C (RCC), também conhecido como *Thermoplasmatales* afiliado linhagem C, mas mais recentemente proposto como um sétimo ordem de Archaea metanogênica, o 'Methanoplasmatales' (Paul et al., 2012). Grupos remanescentes de metanógenos incluem representantes dos gêneros: *Methanosphaera*, *Methanimicrococcus*, *Methanosarcina* e *Methanobacterium* (Janssen & Kirs, 2008; ST-Pierre & Wright, 2013). Em termos de seu metabolismo, as metanógenas geralmente se dividem em três grupos, Metanógenas hidrogenotróficos que convertem H_2 , ou formiato para CH_4 e que

incluem membros dos gêneros *Methanobrevibacter* e outros. A obtenção de sequências representativas do genoma de cada um dos gêneros foi importante para se compreender a capacidade metabólica desses organismos e como eles contribuem para os processos de fermentação no rúmen. As sequências do genoma de metanogênicas ruminais já conhecidos contribuíram para o entendimento de que forma os microorganismos metanógenos se distribuem no ambiente ruminal. Conhecer as funções e os seus nichos de ação é uma importante estratégia para se ter sucesso na mitigação antimetanogênica (Leahy et al., 2013).

No entanto, ainda falta muito para se compreender como os microrganismos impactam no trato digestivo dos ruminantes. Por exemplo, a fermentação intestinal fornece 5% a 10% de energia dietética e é responsável por 6% a 14% da produção de CH₄ (Gressley et al., 2011).

O metano também pode ser gerado a partir de outras reações ruminais incluindo a redução de ácido fórmico, metanol, metilamina, dietilamina, trietilamina (Hungate et al., 1970).

Estudos também demonstraram que ovelhas mantidas livres de protozoários por mais de dois anos reduziram a metanogênese em comparação com ovelhas mantidas sem protozoários por dois meses (Morgavi et al., 2012). Outros trabalhos também demonstraram que a defaunação de rúmen ovino por curto prazo (até 3 meses) causa a redução da emissão de metano em comparação com o rúmen de ovelhas sem defaunação ou com mais de um ano (Ranilla et al., 2004). Esse efeito pode ser explicado, pois há uma simbiose entre as archaeas metanogênicas que vivem em simbiose com os protozoários do rúmen, e que a redução desses últimos pela defaunação terá efeito direto na redução da produção de metano (Stewart et al., 1997).

2.2. Taninos

Os taninos são uma mistura complexa de compostos individuais tendo pesos moleculares variando de 500 a mais de 3000 Daltons (ésteres de ácido gálico) e até 20 000 Daltons (proantocianidinas), e podem interferir na metanogênese, inibindo o crescimento, o desenvolvimento e a atividade da população de metanógenos indiretamente (reduzindo o número de protozoários associados com metanógenos), e diretamente atingindo as metanogênicas (Cieslak et al., 2013). Os taninos tem origem no metabolismo secundário das plantas. O termo metabolismo secundário é usado para descrever uma gama de compostos químicos que não estão envolvidos nos processos bioquímicos de crescimento e reprodução de plantas (Hartmann, 2007). A atividade e concentração de fitoquímicos nas plantas são influenciados pela localização geográfica, condições climáticas, época do ano, processamento e armazenamento das amostras (Bodas et al., 2008). Os fatores responsáveis pela mitigação são variados, por exemplo, tipo de tanino e de planta. Tavendale et al. (2005) sugeriram que a inibição do crescimento de metanógenos é devido ao efeito bacteriostático e bactericida dos taninos condensados. Foi observado não apenas um efeito direto do tanino sobre as metanogênicas, mas também uma influência direta sobre os protozoários associados (Patra & Saxena, 2010). Pesquisas com gado leiteiro mostraram que a adição de taninos condensados de *Vaccinium vitis-idaea* em 2g/kg de matéria seca proporcionaram a mitigação

da metanogênese por redução nos números de protozoários, sem efeito negativo sobre a digestibilidade da matéria orgânica (Cieslak et al., 2012). Os taninos totais extraídos da *Leucaena leucocephala* causaram uma redução nos metanogênicos totais em 99%, e nos protozoários totais em 83% com a adição de tanino condensado em níveis crescentes de 20 a 60 mg/g de matéria seca em estudo *in vitro* (Tan et al., 2011). Todavia, os efeitos do tanino condensado sobre a população de protozoários é variada, provavelmente porque alguns taninos tem efeito direto sobre os metanógenos que não estão associados com protozoários (Bhatta et al., 2012).

2.3. Composição química de pastagens

Quimicamente a fibra é formada por vários compostos químicos que irão variar em função de sua origem (tipo de pastagem) (Mertens, 1997). Normalmente a fibra é constituída pela parede celular das plantas. A parede celular é composta por celulose, hemicelulose, lignina, proteína e outros compostos.

A celulose é o principal polissacarídeo constituinte da maioria das paredes celulares dos vegetais (McDougall et al., 1993). É um homopolissacarídeo, constituído por unidades de glicose ligadas por ligações glicosídicas (Kozloski, 2009).

As hemiceluloses são frações relativamente heterogêneas que interagem e arranja-se entre si e com compostos fenólicos (lignina) de forma irregular e complexa presentes entre polímeros de celulose que se organizam paralelamente na parede celular (Kozloski, 2009). Em plantas maduras, as hemiceluloses estão mais associadas à lignina tornando-se insolúveis (Goodwin & Mercer, 1988).

As Ligninas são polímeros complexos, sua composição, estrutura e quantidade variam de acordo com o tecido, a origem botânica, a idade da planta e os fatores ambientais (Grenet & Besle, 1991).

As proteínas são compostos nitrogenados cuja concentração e degradação ruminal variam de acordo com os tipos de alimentos. Em geral, o teor proteico é mais elevado nas plantas leguminosas que nas gramíneas. As proteínas solúveis presente nas células vegetais são mais facilmente degradadas que aquelas associadas às células das paredes do tecido vegetal (Kozloski, 2009). São dois os principais conjuntos de proteínas da parede celular: as extensinas, com função estrutural e as proteínas ricas em glicina associadas à lignificação. Os outros conjuntos são menos expressivos, porém não menos essenciais ao desenvolvimento celular (Giger-Reverdin, 1995).

A fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) é uma metodologia desenvolvida na tentativa determinar as frações dos componentes solúveis (rápida e completamente disponível- 95% a 98%) e insolúveis (lento e pouco disponível) presentes na fibra bruta. Com a análise de FDN separa-se a celulose, hemicelulose e lignina, com alguma contaminação de pectina, proteína e cinzas. (Van Soest (1967) e Van Soest & Wine (1967)).

A fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) não contém hemicelulose, ou seja, não possui todos os polissacarídeos parcialmente digeríveis do alimento (Van Soest (1967) e Van Soest & Wine (1967)).

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) pode ser obtido pela seguinte fórmula:

$$\text{NDT (\%)} = (0,98 \times \text{CNF}) + (0,93 \times \text{PB}) + 2,25 \times (\text{EE}-1) + 0,75 \times (\text{FDN} - \text{Lig}) \times [1 - (\text{Lig}/\text{FDN})^{0,667}] - 7 \text{ (Weiss, 1999).}$$

Onde: CNF = Carboidratos não fibrosos; PB = Proteína Bruta; EE = Extrato etéreo; FDN = Fibra detergente neutro e Lig = Lignina. O aumento dos teores de proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) permitem uma elevação de conteúdo NDT, possibilitando uma maior ingestão de forragem e menor emissão de metano por quilograma de matéria seca (MS) ingerida. Quanto maior o conteúdo de FDN, menor será a digestibilidade e maior será a emissão de metano (Hart et al., 2009).

2.4. Forrageiras tropicais

As forrageiras tropicais podem gerar produtos de origem animal com alta eficiência, com baixo custo e de forma não agressiva ao ambiente, principalmente com a atual exigência em redução da emissão de metano pela atividade agropecuária. Com isso, tem ocorrido uma busca por pesquisas e desenvolvimento de estratégias nutricionais que possam fazer com que estas metas estabelecidas sejam atingidas.

Algumas leguminosas tropicais apresentam compostos bioativos (taninos) cujos teores variam dependendo do solo, clima, espécie, idade e parte da planta (Bodas et al., 2008). Esses compostos podem interferir na fermentação ruminal, e podem influenciar de forma indireta na formação de complexos com proteínas e fibras, e de forma direta pela ligação com enzimas digestivas, inibindo sua ação catalítica (Bueno et al., 2015; Degáspari et al., 2005). No entanto, quando em dietas com altos teores de proteína degradável, os taninos condensados reduzem o risco de timpanismo e as perdas de nitrogênio na forma de amônia (Reed, 1995). O tanino também promove a diminuição da degradação ruminal, especialmente da fibra que provocaria um maior tempo de ruminação (Waghorn, 2008).

A estrutura do tanino condensado afeta sua capacidade de ligação, o impacto sobre a digestão, o valor nutritivo do alimento e as propriedades anti-helmínticas. Os taninos condensados são encontrados em espécies dicotiledôneas e ocorrem com pouca frequência em gramíneas e em espécies temperadas. Eles são frequentemente restritos à casca das sementes (Jansman, 1993; Burggraaf et al., 2003). Contudo os taninos condensados devem estar nas folhas, alimento principal dos herbívoros, para que seus benefícios nutricionais possam ser significativos para o desempenho dos ruminantes.

2.4.1. *Panicum maximum* cv. IZ- 5

A forrageira *Panicum maximum* cv. IZ- 5, capim aruana, de origem Africana, desenvolvida no Instituto de Zootecnia adapta-se muito bem ao clima e solo de regiões tropicais e subtropicais brasileiras. Planta cespitosa, com arquitetura foliar ereta e aberta, que produz em torno de 18 a 21 toneladas de matéria seca por hectare por ano, sendo que 35% a 40% desse total, ocorrendo no inverno, quando irrigado (no estado de São Paulo- Nova Odessa). Possui porte médio, atingindo em torno de 80 cm de altura, com alta capacidade de emitir perfilhos a partir de um grande número de brotos basais após cada ciclo

de pastejo e cobertura de solo, auxiliando, assim, também no controle da erodibilidade. Por isso, o capim aruana, que possui boa palatabilidade, se apresenta como uma alternativa de pastagem para ovinos (Bianchini et al., 1999; Cunha et al., 1999).

O capim aruana também responde à adubação, conforme demonstram os resultados relatados por Cecato et al. (1994) e Colozza et al. (2000) que verificaram aumento na produção de massa seca de parte aérea pelo aumento das taxas de nitrogênio. Em vários estudos, o capim aruana destacou-se por suportar carga animal superior a outras espécies de gramíneas (digitárias) e a outras cultivares de *Panicum maximum* (Castilhos et al., 2009). O cultivar aruana possui relativo elevado valor nutritivo (Vargas Junior et al., 2013), apresentando teores que variam de 10 a 15% da MS. Fajardo et al. (2015) encontraram 15% de PB para o Aruana em diferentes sistemas de alimentação. Esta forrageira foi escolhida pela boa adaptação ao pastejo com ovinos (Bianchini et al., 1999), facilidade de implantação por sementes, disponibilidade de sementes no comércio, e alta produção de matéria seca. Estas características foram descritas pelo Instituto de Zootecnia e confirmadas em trabalhos de nosso grupo (Fajardo et al., 2015).

2.4.2. *Cajanus cajan* L. cv. Anão

O feijão guandu, *Cajanus cajan* L., apresenta sistema radicular profundo e ramificado, com raiz pivotante e com alta capacidade de se desenvolver em solos com crosta superficial (Brazaca et al., 1996). Suas raízes podem atingir até 3 metros de profundidade a procura de água e nutrientes, reciclando assim nutrientes das camadas mais profundas (Alvarenga et al., 1995). O feijão guandu é uma fonte proteica em muitos países africanos e asiáticos, pois se adapta a condições adversas de solo e clima. No Brasil é utilizado em diversas regiões para muitos propósitos, dentre elas a alimentação dos rebanhos.

Os taninos, produto do metabolismo secundário, é um importante componente do guandu, pois pode influenciar na digestibilidade e na capacidade de consumo pelos animais (podendo ser um fator antinutricional), limitando a ingestão pelo animal (Vieria et al., 2001). Todavia, Woodward et al. (2001) relatam um maior consumo de *Lotus corniculatus* e *Lotus pedunculatus* contendo taninos condensados do que azevém. Athanasiadou et al. (2001) também relatam aumento de consumo por ovinos em dieta com alto teor proteico quando taninos condensados de quebracho foram adicionados em 6% da dieta (com base em peso fresco). Também há relatos de consumo semelhante entre pastagens com teores de tanino diferentes (Barry e McNabb, 1999; Landau et al., 2000; Woodward et al., 2001). Esta disparidade entre os diferentes resultados de consumo de plantas taníferas provavelmente refletem diferentes níveis dietéticos de taninos condensados, assim como variação entre plantas na atividade biológica dos mesmos (Min et al., 2003). O feijão guandu foi escolhido para este trabalho por apresentar teores de tanino (Vitti et al., 2005), facilidade de estabelecimento, boa produção de massa (Neres et al., 2012) e com qualidade nutricional para alimentação animal (Barnes, 1995).

3. HIPÓTESE

-Cordeiros pastejando a leguminosa tropical *Cajanus cajan* cv anão emitem menos metano, reduzindo o problema gerado por gases de efeito estufa, que os cordeiros pastejando *Panicum maximum* cv IZ-5, ou a composição *Panicum maximum* cv IZ-5 e *Cajanus cajan* cv anão.

4. OBJETIVO

- Avaliar a emissão de metano por cordeiros pastejando *Cajanus cajan* cv anão , *Panicum maximum* cv. IZ-5, a composição *Panicum maximum* cv IZ-5 e *Cajanus cajan* cv anão e as relações da emissão de metano com a composição química destas pastagens.

5.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito do polietileno glicol(PEG) na emissão de metano por cordeiros em pastejo nos seguintes tratamentos: *Panicum maximum* cv. IZ-5(ARU); *Cajanus cajan* cv. Anão(FG) e a composição *Panicum maximum* cv. IZ-5 e *Cajanus cajan* cv.anão(AFG).

-Avaliar a emissão de metano de cordeiros por grama de matéria seca consumida, por quilograma de peso vivo dos animais e por ganho médio diário de cordeiros em pastagens formadas de *Cajanus cajan* cv. anão e *Panicum maximum* cv. IZ-5.

-Correlacionar a composição química da pastagem com a emissão de metano de cordeiros.

CAPÍTULO II

EMISSÃO DE METANO POR CORDEIROS EM PASTAGENS TROPICAIS⁽¹⁾

¹Elaborado de acordo com as normas da Livestock Science (Apêndice 1

Emissão de Metano por Cordeiros em Pastagens Tropicais

1. Resumo

A possível contribuição da emissão de metano pelos ruminantes para o aquecimento global, tornou prioritária a pesquisa da emissão deste gás de efeito estufa, nos sistemas pecuários mundiais. Pois, as pastagens ocupam dois terços da área agricultável no mundo e grande parte do território brasileiro. Pouco se conhece sobre a emissão de gases de efeito estufa por ovinos em gramíneas e leguminosas tropicais. O conhecimento da emissão de metano por esses animais em condições tropicais e subtropicais pode auxiliar no ajuste de sistemas de produção de ovinos. O objetivo desse trabalho foi avaliar a emissão de metano por cordeiros consumindo pastagens tropicais, gramíneas e leguminosas. O delineamento foi em blocos completos casualizados, três tratamentos e três repetições. Avaliou-se 4 cordeiros machos com média de 4 meses de idade por tratamento, peso inicial de 20,4 kg e final de 25,7 kg. Os tratamentos foram: 1- ARU- somente capim aruana (*Panicum maximum* cv. IZ-5); 2- FG – somente feijão guandu (*Cajanus cajan* cv. Anão) e 3- AFG – piquete dividido pela metade entre aruana e feijão guandu (duas faixas). A técnica de avaliação de metano utilizou o marcador hexafluoreto de enxofre (SF_6). Os resultados mostram que os animais apresentaram semelhantes desempenhos nas diferentes pastagens ($P=0,1250$), e não diferiram em relação a emissão de metano por grama de matéria seca ingerida, por ganho médio diário e por kg de peso vivo dos cordeiros. Conclui-se que, apesar das diferenças nas suas características químicas, a emissão de metano de cordeiros é semelhante entre pastagens tropicais de capim aruana, feijão Guandu e a mistura destas pastagens. Os taninos condensados presentes na forrageira feijão guandu não demonstraram potencial para contribuir na redução da emissão de metano por cordeiros.

Palavras-chave: feijão Guandu, aruana, polietileno glicol, água

2.Introdução

As pastagens de verão tem mostrado grande potencial para criação de ovinos (Carvalho et al. 2004; Monteiro et al. 2009; Poli et al 2012;), auxiliando de forma significativa na redução da sazonalidade da produção de carne de cordeiro na região Sul (Poli et al. 2012), e com grande potencial para melhorar a qualidade da carne e carcaça, com reflexos na saúde humana e na sustentabilidade ambiental e econômica.

As pastagens tropicais também apresentam características bioquímicas que podem gerar um relevante impacto na produção de carne, como os taninos condensados nas leguminosas (Liu et al., 2012). No entanto, o efeito dos taninos condensados é pouco conhecido na produtividade de ruminantes. Os efeitos do uso de leguminosa tropical emissão de metano por ovinos precisam ser elucidados.

A FAO (2006) alertou sobre o possível impacto da emissão de metano por ruminantes no meio ambiente através do efeito estufa. Devido a isso tornou, então, prioritária a pesquisa na emissão de metano nos sistemas agropecuários mundiais, pois as pastagens ocupam dois terços da área agricultável no mundo e grande parte do território brasileiro. O uso de leguminosas figuram, dentre outras tecnologias, como promissoras para reduzir a curva de emissão de carbono, uma vez que o processo digestivo de fermentação dos ruminantes é reconhecido como importante fonte de emissão de gás metano (Johnson e Johnson, 1995). Dessa forma, as indicações para a redução das emissões de metano pela pecuária estão ligadas ao manejo alimentar e às estratégias nutricionais. Esse estudo teve como objetivo avaliar a emissão de metano por cordeiros pastejando diferentes pastagens formadas pela leguminosa *Cajanus cajan* cv. Anão e a gramínea *Panicum maximum* cv. IZ-5, bem como avaliar o efeito da presença do tanino condensado na leguminosa.

3. Material e Métodos

3.1. Local

O trabalho foi conduzido na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS (EEA-UFRGS), latitude 30° 7' 21"S e longitude 51° 40' 60"W em 2016. O experimento ocupou uma área total de 1,8 hectares, subdividida em parcelas de 0,2 hectares. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética e Experimentação Animal da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Protocolo nº 21121).

3.2. Animais

Mediu-se a emissão de metano por cordeiros testes, machos e castrados com idade entre 3 e 4 meses, e peso inicial de 20,4 kg e 25,7 kg ao término do experimento. Foram avaliados quatro cordeiros testes em cada um dos piquetes. A distribuição dos animais nos piquetes foi feita de forma a manter a uniformidade de peso em todos os tratamentos e em todos os blocos.

O consumo de forragem foi estimado, nos diferentes estádios fenológicos da pastagem, com o uso óxido de cromo (Cr_2O_3). O marcador foi encapsulado e administrado aos animais como indicador da produção fecal. Os cordeiros foram dosificados, manualmente, às 12h, com 1,0 g de Cr_2O_3 . O período de dosificação foi de 11 dias e no oitavo dia iniciou-se a coleta de fezes direto no reto, conforme metodologia de Kozloski et al. (2006). A concentração de cromo nas fezes secas foi determinada por espectrofotometria de absorção atômica (Kozloski et al., 1998). A estimativa da produção fecal foi calculada através da seguinte fórmula:

$$\text{PF} = \frac{\text{cromo administrado (g/dia)}}{\text{cromo nas fezes (g/kg de MS)}} \quad \text{POND et al., 1989.}$$

O consumo de MO (CONSMO, kg/dia) foi calculado pela fórmula:

$$\text{CONSMO} = \frac{\text{produção fecal}}{(1 - \text{digestibilidade da forragem})}$$

e a partir desses dados e da taxa de lotação foi calculado o consumo de MO em porcentagem do peso corporal (CMOPC).

Os animais foram pesados, com jejum prévio de sólidos de 12 horas. As pesagens foram realizadas no início do experimento e a cada 28 dias até a conclusão do experimento. Na ocasião das pesagens, foi avaliado o Escore de Condição Corporal dos

animais, através da técnica descrita por Russel (1991) e modificada por Thompson & Meyer (1994).

3.3. Tratamentos e delineamento

Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento de blocos completos casualizados com parcelas subdivididas. As parcelas principais foram compostas por três tratamentos, três tipos de pastagens, com três repetições. As subparcelas foram alocadas de forma a examinar o efeito do Polietileno glicol (PEG). Realizou-se três avaliações de produção de metano: a primeira de 02 a 07 de fevereiro de 2016; a segunda de 23 a 28 de fevereiro de 2016 e a terceira de 15 a 20 de março de 2016. Utilizou-se os seguintes tratamentos: somente *Panicum maximum* cv. IZ-5 (capim aruana - ARU); somente *Cajanus cajan* cv. Anão (feijão guandu - FG); metade o piquete com capim aruana e a outra metade com feijão guandu (AFG). Administrou-se PEG pela manhã e pela tarde (30g por vez para metade dos testes avaliados, e água para a outra metade). Água e suplementação mineral foram disponibilizados à vontade para os animais.

3.4. Avaliação da pastagem

A massa de forragem (MF) e altura da pastagem foram determinadas no início do experimento - entrada dos animais - e a cada 28 dias. Para a determinação da altura das forrageiras em cada parcela, foram avaliados 50 pontos com bastão graduado de 200 cm (*sward stick*), conforme Bircham (1981).

A avaliação da massa de forragem foi realizada com o auxílio de um quadro com 0,25 m² para delimitar a área de avaliação, totalizando seis pontos amostrais por piquete, três na altura média da pastagem e três pontos aleatórios. As amostras foram cortadas rente ao solo, pesadas, homogeneizadas, e retiradas duas subamostras: uma para determinação do percentual de matéria seca (MS) e outra para a separação botânica e estrutural (lâmina foliar, colmo mais bainha, material senescente, inflorescência e outras espécies). O teor de MS foi determinado através de pesagem das amostras, antes de serem secas em estufa de ar forçado, regulado a uma temperatura média de 55°C e mantidas por, no mínimo, 72 horas. Após, as amostras foram pesadas sucessivas vezes sendo retiradas quando apresentaram peso constante. Para a obtenção do percentual de MS da forragem

(kg de MS/ha), os valores de massa de forragem foram multiplicados pelos valores da massa de forragem verde (kg/ha de MV).

A taxa de acúmulo de matéria seca foi obtida pela alocação de três gaiolas de exclusão de pastejo, por piquete. A técnica consiste em selecionar, para cada gaiola, dois locais representativos da altura média do potreiro e semelhantes em densidade de massa e de espécies dentro do quadro (0,25 m²). Uma área foi cortada e na outra foi alocada a gaiola. O cálculo da taxa de acúmulo foi realizado pela diferença entre o corte fora da gaiola e a respectiva gaiola, alocada no período anterior e dividido pelo número de dias do período.

Na determinação da composição botânica, as amostras foram separadas da seguinte forma: lâmina foliar, colmo mais bainha, material senescente, inflorescência e outras espécies. As amostras, após a separação botânica, foram colocadas em estufa de ar forçado, a uma temperatura de 60°C até peso constante, e pesadas em balança de precisão de 0,1 g. A cada 28 dias, em média, com amostragens ao acaso, foi medida a altura do pasto. A leitura foi realizada, com bastão graduado (sward stick conforme Bircham, 1981), em 50 pontos para cada 0,2 ha, sendo medido o ponto mais alto da folha, em relação ao solo. A oferta foi calculada através da seguinte fórmula: $OF = [(Massa \text{ de lâmina foliar} / \text{número de dias do período}) + \text{Acúmulo de forragem}] / \text{carga animal}$. Das amostras coletadas, 2/3 da massa verde para análise bromatológica, e o restante foi liofilizada para análise de taninos.

3.5. Qualidade da pastagem

As amostras das pastagens, para análise bromatológica, foram coletas através de simulação de pastejo (hand plucking). As amostras de capim Aruana, feijão Guandu e plantas não desejáveis, as amostras, foram moídas em moinho tipo Wiley a 1 mm. Analisou-se os teores de MS, matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) (conforme AOAC, 1995), fibra em detergente neutro (FDN) (Van Soest et al., 1991), fibra em detergente ácido (FDA) (Goering e Van Soest, 1970). Para a determinação dos teores de taninos, as amostras liofilizadas foram moídas em moinho tipo Wiley a 0,5 mm. Os teores de taninos totais (TT), condensados (TC) a partir de adaptação das metodologias de Grabber et al. (2013), Makkar (2000), Porter et al. (1986) e Saura-Calixto et al. (2007),

foram expressos em equivalente grama (eq-g) de leucocianidina / kg de MS. Para os cálculos foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{eq-g de Leucocianidina (L) / kg MS} = \{ \text{absorbância} \times [10 \times (\text{volume de diluição em mL}) / (460 \times \text{peso da amostra})] / (\text{MS, em kg}) \} \times 10$$

3.6. Uso do Polietileno glicol (PEG)

Administrou-se diariamente 60g/dia de polietileno glicol (PEG) com densidade 4000 para dois cordeiros por parcela, via oral, e os outros dois animais receberam água para minimizar um possível efeito estressante da pistola e do manejo. A dosificação com PEG teve como objetivo verificar o seu efeito na emissão de metano quando os animais pastejam forrageiras com tanino.

3.7. Estimativa de produção de metano

Para a avaliação da emissão de metano utilizou-se a técnica desenvolvida por Johnson et al. (1994) que utiliza o marcador hexafluoreto de enxofre (SF₆). A técnica consiste em colocar no rúmen dos cordeiros uma cápsula de permeação que libera SF₆ com taxa de liberação conhecida previamente. Aguarda-se, então, 10 dias para que a liberação do SF₆ se estabilize. A seguir, o tubo coletor, um cilindro confeccionado em aço inoxidável, limpo com nitrogênio e esvaziado com formação de vácuo, foi colocado em uma “mochila” fixada sobre o dorso do animal com um dia de antecedência. Ao cilindro, acoplou-se um regulador de ingresso confeccionado em cobre e calibrado para admitir o ingresso de 500 milibares de amostra. A captura da amostra de metano foi realizada na região oronasal dos animais. A amostra foi composta por mistura de material expirado e recrutado em um período de cinco dias consecutivos de avaliação. A captação do gás emitido pelos animais foi realizada através de válvula de ingresso ligada a uma mangueira plástica com calibre aproximado de 3 mm. Adicionalmente, três tubos foram alocados na área experimental para coleta de ar atmosférico (um por bloco), sendo os valores utilizados como “brancos” para a realização dos cálculos (desconto do CH₄ e do SF₆ presentes no ambiente). Após a amostragem, a pressão no cilindro foi medida precisamente, com medidor digital, e pressurizado com nitrogênio de alta pureza até a pressão de 1050 milibares (mg). Essa pressurização é necessária para a diluição das amostras coletadas e sua injeção no equipamento de análise. Posteriormente, as

concentrações do CH₄ e do SF₆ foram determinadas por cromatografia gasosa. O equipamento cromatografia gasosa é composto por bicos injetores acoplados a duas válvulas automatizadas, detectores de ionização de chama, para a leitura de metano, e de captura de elétrons, para a leitura do hexafluoreto de enxofre. A curva padrão foi calibrada utilizando-se padrões nas seguintes concentrações: 10; 30; 100 e 1000 pot. de SF₆ e 2,5; 5,0; 10 e 20 pop de CH₄. Após as leituras em cromatografia, as concentrações de CH₄ e SF₆ foram corrigidas para diluição. A partir da taxa conhecida de liberação do SF₆ no rúmen, e das concentrações de CH₄ e de SF₆ nas amostras de gás coletadas, o fluxo de metano liberado pelo animal foi calculado em relação ao fluxo de SF₆ da seguinte forma:

$Q_{CH_4} = Q_{SF_6} \times ((CH_4 - CH_4B) / (SF_6 - SF_6B))$ Onde: Q_{CH_4} foi a taxa de emissão de metano em g/dia; Q_{SF_6} é a taxa de liberação do SF₆ da cápsula de permeação; CH₄ e SF₆ são as concentrações medidas no tubo coletor (cilindro de inox); CH₄B e SF₆B são as concentrações medidas no tubo coletor “branco”.

3.8. Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de normalidade para determinar os efeitos dos tratamentos sobre as taxas de emissão de metano por tratamento, no espaço e no tempo com o programa estatístico R Versão 3.1.0 (© 2014 The R Foundation for Statistical Computing). As médias foram comparadas por Tukey a 5% de probabilidade. As variáveis avaliadas nos diferentes períodos foram consideradas como medidas repetidas no tempo. No modelo, o efeito do bloco foi considerado como aleatório e os demais efeitos, fixos. Utilizou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + B_j + (TB)_{ij} + P_k + S_l + (TS)_{il} + (TP)_{ik} + \varepsilon_{ijkl}$$

Onde :

Y_{ijk} = i-ésima tratamento na j-ésimo bloco no k-ésimo período na l-ésimo

situação na il -ésimo interação tratamento x situação na ik-ésimo interação tratamento x período;

μ = efeito médio;

T_i = efeito do i-ésimo tratamento (i = ARU; FG E AFG);

B_j = efeito do j-ésimo bloco (j = 1,2,3);

$(TB)_{ij}$ = erro experimental da parcela principal;

P_k = efeito da k-ésimo período de avaliação ($k = 1,2,3$);

S_l = efeito do l-ésimo subparcela ($l = \text{ÁGUA, PEG}$);

$(TS)_{il}$ = efeito do il-ésimo interação tratamento x subparcela;

$(TP)_{ik}$ = efeito do ik-ésimo interação tratamento x período;

ε_{ijk} = erro experimental geral;

4.Resultados

Observa-se na Tabela 1 que o teor de proteína bruta (PB) foi semelhante entre os tratamentos feijão guandu (FG) e aruana+feijão guandu (AFG) e somente capim Aruana (ARU) ($P = 0,1634$). O tratamento ARU possui maior percentual de FDN, seguido pelo AFG e FG, respectivamente ($P=0,0078$). O percentual de FDA também diferiu estatisticamente entre os tratamentos ($P=0,0263$).

As médias de peso dos animais durante o período de avaliação (PESO), a emissão pelo consumo diário (EMICONMSDIA), a emissão pelo ganho médio (EMIGMD) e a emissão pelo peso vivo (EMIPV) entre os tratamentos, apresentados na Tabela 2, não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos.

A oferta de forragem disponível em matéria seca (OF) (tabela 1), foi semelhante entre os tratamentos de ARU e FG, mas a mistura AFG apresentou uma oferta um pouco menor. Entretanto essa diferença não afetou o consumo diário de matéria seca ($P=0,7486$) e nem o consumo em percentual do peso vivo (CONSpPV) ($P=0,8237$), pois não foi significativa a diferença de consumo entre os diferentes tratamentos (Tabela 2).

A emissão por consumo de matéria seca (EMICONMSDIA) não apresentou diferença significativa entre tratamentos, mesmo considerando as dosificações de PEG ou água ($P=0,9235$) (Tabela 2). Observa-se que em todos tratamentos os animais que receberam polietileno glicol (PEG) não mostraram diferença na emissão de metano em relação aos animais que receberam água. Também não houve efeito do PEG no consumo de matéria seca.

O teor de taninos condensados apresentaram diferença significativa ($P=0,0036$) entre os tratamentos. O tratamento FG apresentou o maior teor seguido, respectivamente, pelo tratamento AFG e ARU. A correlação entre o teor de Taninos Condensados e a Emissão de Metano foi negativa porém, não foi significativa.

5. Discussão

A ausência de significância estatística entre PESO e GMD nos permite realizar comparações entre os animais, pois diferenças de peso e de ganhos podem propiciar emissões de metano em quantidades diferentes. Patino-Piñares et al. (2003) mostraram que a quantidade de emissão de metano está relacionado com o tamanho do animal e conseqüentemente com seu consumo. A pequena diferença de PESO e GMD desse estudo foi acompanhada pela semelhança no consumo diária de matéria seca, reforçando a capacidade de comparação entre os diferentes tratamento e animais.

Não encontrou-se efeito dos tratamentos sobre a emissão de metano dos animais, mesmo com o FDN apresentando-se significativamente diferente entre os tratamentos. Essa reduzida resposta demonstra que nesse experimento a gramínea e a leguminosa tropical consumida pelos cordeiros não foram suficientemente diferentes para gerar diferenças na produção e emissão de metano. Kirchgessner et al. (1995) explicam que o teor de proteína, por exemplo, de uma pastagem tem relativo baixo efeito na emissão de metano. Esses autores afirmam que a proteína é responsável por apenas 10% da formação do metano. Por outro lado, as diferenças encontradas em teores de fibra, FDN, não foram suficientes para que a fermentação de cordeiros em pastejo fosse diferente entre leguminosa e gramínea. Estudos realizados por Eckard et al. 2010 e Beauchemin et al. 2008 afirmam que plantas de metabolismo C₄, plantas tropicais (com maior teor de fibras e lignina) produzem maior quantidade de metano, enquanto leguminosas contribuem com quantidades menores de metano (Archimède et al., 2011).

Nesse estudo observou-se emissões de metano de pastagens tropicais semelhantes com as pastagens temperadas descritas por Patino-Piñares et al. (2003). Esses autores, utilizando Romney de aproximadamente 14 meses em pastagem de azevém perene e trevo branco, verificaram emissões de gases CH₄ entre 35,5g/dia e 28,8g/dia. Esse resultado mostra que as pastagens tropicais nem sempre emitem muito mais metano do que as temperadas como se espera (Wilson 1994). Entretanto, Archimède et al. (2011) realizando uma meta-análise concluiu que a diferença na emissão de metano entre pastagens temperadas e tropicais é apenas de 10% a 17%. Observa-se na literatura que há muitas variações do efeito das pastagens na emissão de metano. Waghorn et al. (2002), por exemplo, encontrou diferenças significativas na emissão de metano entre forrageiras temperadas, trevo vermelho (*Trifolium pratense*) e Azevém perene (*Lolium perene*).

Parece, então, que a discussão do efeito do tipo de pastagens na produção de gases de efeito estufa é limitado.

A emissão de metano por ganho médio diário representa uma boa forma de estimar a emissão de gases de efeito estufa pois expressa a emissão pela produtividade (Amaral et al., 2016). Kurihara et al. (1999) demonstraram que a emissão de metano ($\text{gCH}_4/\text{kg GMD}$) varia conforme o ganho médio diário e está atrelado à eficiência de aumento de peso e à qualidade da dieta. Então possivelmente essa seja uma das melhores formas de comparar diferentes sistemas de produção pois considera o quanto é emitido por quilo de produto.

Nesse estudo, não houve diferença significativa de emissão de metano entre os diferentes tipos de pastagem. Este resultado é possivelmente reflexo da pequena diferença em GMD e na emissão por consumo de MS por dia entre os diferentes tratamentos. De forma semelhante ao presente estudo, Amaral et al. (2016) verificaram que as emissões de metano por GMD são menos afetadas pelo tipos de pastagem e diferentes níveis de adubação nitrogenada, do que por carga animal.

O efeito do polietileno glicol ministrado aos animais parece não ter contribuído para reduzir a emissão de metano como esperado. No tratamento FG que apresentou o maior teor de tanino, o grupo que recebeu PEG não diferiu do grupo que recebeu água, onde se esperava menor emissão. A não constatação da contribuição dos taninos condensados na redução da emissão de metano, pode estar relacionada ao baixo teor de tanino condensado presente na matéria seca. Possivelmente esse teor não é suficiente para se ter um efeito positivo significativo na redução da emissão de metano como em outros estudos. Carulla et al. (2005) relataram que a alimentação de ovelhas com *Acacia mearnsii* (extrato de erva negra) (2,5% de MS) reduziu a produção de metano aproximadamente em 12%. Contudo, no trabalho executado por Beauchemin et al. (2007), utilizando extrato de quebracho com uma alta porcentagem (91%) de taninos condensados, em até 2% da MS da dieta, não reduziu as emissões de metano em novilhos. Vários estudos relataram que o uso de forrageiras taníferas na alimentação de ruminantes reduzem as emissões de metano (Woodward et al., 2002, 2004; Pinares-Patiño et al., 2003b; Puchala et al., 2005), mas todos esses estudos foram realizados com níveis de tanino condensado mais elevado do que o expresso no presente trabalho. Além disso esses autores avaliaram a emissão de metano em condições controladas de confinamento. Isso

também pode explicar em parte as limitadas respostas dos taninos condensados no presente trabalho.

6. Conclusão

A emissão de metano de cordeiros é semelhante em pastagens tropicais de capim Aruana (*Panicum maximum* cv. IZ-5), feijão Guandu (*Cajanus cajan* cv. Anão), mesmo com diferentes características químicas das forragens,

Os taninos condensados presentes na forrageira feijão guandu, não demonstraram potencial para contribuir na redução da emissão de metano por cordeiros.

7. Agradecimentos

Agradecemos à CAPES pela concessão de bolsa e ao CNPq pelo financiamento do projeto. Cesar Henrique Espírito Candal Poli, Membro da rede MARCARNE, CYTED (ref. 116RT0503).

8.Referências Bibliográficas

- Amaral, G. A.; David, D. B.; Gere, J. I.; Saviana, J. V.; Kohmanna, M. M.; Nadin, L. B.; Sánchez Chopa, F.; Bayer, C.; Carvalho, P.C.F. Methane emissions from sheep grazing pearl millet (*Penisetum americanum* (L.) Leeke) swards fertilized with increasing nitrogen levels. *Small Ruminant Research* 141 (2016) 118–123.
- AOAC., 1995. *Official Methods of Analysis*. 15. ed. Association of Official Analytical Chemist, Washington, DC, USA.
- Archimède, H.; Eugèneb, M.; Magdeleinea, C. M. Boval, M.; Martin, C.; Morgavi, D. P.; Lecomte, P.; Doreau, M. Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. *Animal Feed Science and Technology*, v.166-167, p. 59-64, 2011.
- Beauchemin, K. A.; Kreuzer, M.; O'Mara, F. McAllister, T. A. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Aust. J. Ep. Agric.* V.48, p.21-27, 2008.
- Beauchemin K. A.; McGinn S. M.; Martinez T. F. & McAllister T. A. (2007). Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle *J Anim SCI* 2007, 85:1990-1996. DOI: 10.2527/jas.2006-686.
- Benchaar, C., Pomar, C. & Chiquette, J. (2001). Evaluation of dietary strategies to reduce methane production in ruminants: a modelling approach. *Canadian Journal of Animal Science* 81, 563–574.
- Bircham, J.S. *Herbage growth and utilization under continuous stocking management*. Edinburgh: University of Edinburgh, 1981. 384p. Thesis (Ph.D in Computer Science) - University of Edinburgh.
- Blaxter, K. L. & Clapperton, J. L. 1965 Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *British journal of Nutrition* 19: 511-522.
- Bueno, I.C.S., et al. In vitro methane production and tolerance to condensed tannins in five ruminant species, *Animal Feed Science and Technology*, 2015.
- Burggraaf, V. T.; Kemp, P. D.; Thom, E. R.; Waghorn, G. C.; Woodfield, D. R. & Woodward, S. L. 2003 Agronomic evaluation of white clover selected for increased floral condensed Tannin, *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 65: 139–145.
- BRASIL. 2009. Ministério da Ciência e Tecnologia. *Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa: informações gerais e valores preliminares*. Brasília: MCT.
- Carulla, J. E., M. Kreuzer, A. Machmiller, & H. D. Hess. (2005). Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. *Austr. J. Agric. Res.* 56:961–970. DOI:10.2527/jas.2006-686.
- Degáspari, C. H., et al. Atividade antimicrobiana de *Schinus terebinthifolius* Raddi. *Ciência agrotécnica*, v. 29, n.3, p. 617-622, 2005.
- Detmann, E., Valadares Filho, S.C., Paulino, M.F., Euclides, R.F., Lana, R.P., Queiroz, D.S., 2004. Avaliação da técnica dos indicadores na estimação do consumo por ruminantes em pastejo. *Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia*, 46 (1), 40-57.
- Eckard, R. J.; Grainger, C.; Klein, C. A. M. options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. *Livestock Science*, v.130, p. 47-56, 2010.

- FAO, 2010 – Food and Agriculture Organization of The United Nations . Disponível em <<http://faostat.fao.org>>
- FAO, 2016 – Food and Agriculture Organization of The United Nations . Disponível em <<http://faostat.fao.org>>
- Goering, H.K.; Van Soest, P.J., 1970. Forage fiber analysis: apparatus reagents, procedures and some applications. Washington: Agricultural Research Service. 10p. (Agriculture Handbook, 379).
- Grabber, J. H.; Zeller, W. E.; Mueller-Harvey, I., 2013. Acetone enhances the direct analysis of procyanidin and prodelphinidin based condensed tannins in lotus species by the butanol-HCl-iron assay. *J. Agric. Food Chem.*, 61, 2669–2678.
- Harrison D. G.; Beever D. E.; Thomson D. J. & Osbourn D. F. (1975). Manipulation of rumen fermentation in sheep by increasing the rate of flow of water from the rumen. *J. agric. Sci., Camb.* 85, 93-101. Doi: 10.1017/S0021859600053454.
- IBGE, 2012 <http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias> ACESSADO EM 25/03/2015.
- Jansman, A. J. M. 1993 Tannins in feedstuffs for simple stomached animals. *Nutrition Research Reviews* 6, 209 -236.
- Johnson T. R. & Combs D. K. (1991). Effects of Prepartum Diet, Inert Rumen Bulk, and Dietary Polyethylene Glycol on Dry Matter Intake of Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci* 74(3), 933-944. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78243-X.
- Johnson, K.A.; Johnson, D.E. (1995). Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science*, v.73, p.2483-2492.
- Kozloski, G. V.; Flores, E. M.M.; & Martins, A. 1998 Use of chromium oxide in digestibility studies: variations of the results as a function of the measurement method. *Journal of The Science of Food and Agriculture* v. 76-3 p.373-376 Doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(199803)76:3<373::AID-JSFA956>3.0.CO;2-Y.
- Kozloski, G.V., Perez Neto, D., Oliveira L. *et al.* Uso do óxido de cromo como indicador da excreção fecal de bovinos em pastejo: variação das estimativas em função do horário de amostragem. *Ciência Rural*, v.36, n.2, p.599-603, 2006.
- Kozloski, G.V., Mesquita, F.R., Alves, T.P., Castagnino, D.S., Stefanello, C.M., Sanchez, L.M.B., 2009. Avaliação do uso de frações indigestíveis do alimento como indicadores internos de digestibilidade em ovinos. *Rev. Bras. Zootec.*, 38, 1819-1823.
- Lima, M. A. (2006). Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: relatórios de referência: emissões de metano da pecuária. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente.
- Makkar, H.P.S., 2000. Quantification of Tannins in Tree Foliage. Vienna: FAO/IAEA, 26.
- Murray, R. M.; Bryant, A. M.; Leng, R. A. 1976 Rates of Production of methane in the rumen and large intestine of sheep. *British journal of Nutrition* 36: 1-14.
- Porter, L.J., Hrstich, L.N., Chan, B.G., 1986. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. *Phytochemistry*, 25, 223-230.
- Pinares-Patiño, C. S.; Ulyatt M. J.; Lassey K. R. ; T. N. Barry, T. N. & Holmes, C. W. (2003a). Persistence of differences between sheep in methane emission under generous grazing conditions. *Journal of Agricultural Science*, 140, 227–233. f 2003 Cambridge University Press 227 Doi: 10.1017/S0021859603003071 Printed in the United Kingdom.

- Pinares-Patiño, C. S., M. J. Ulyatt, G. C. Waghorn, K. R. Lassey, T. N. Barry, C. W. Holmes, & D. E. Johnson. (2003b). Methane emission by alpaca and sheep fed on lucerne hay or grazed on pastures of perennial ryegrass/white clover or birdsfoot trefoil. *J. Agric. Sci.* 140:215–226.
- Porter, L.J., Hrstich, L.N., Chan, B.G., 1986. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. *Phytochemistry*, 25, 223-230.
- Puchala, R.; Min B. R.; Goetsch A. L. & Sahlu T. (2005). The effect of a condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. *J. Anim. Sci.* 83:182–186.
- Reed, J.D. 1995 Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science*, v.73, p.1516-1528.
- Russel, A. 1991 Body condition scoring of sheep. In: Boden, E. (Ed.), *Sheep and goat practice*. Baillière Tindall, Philadelphia, pp. 3-10.
- Saura-Calixto, F., Serrano, J., Goñi, I., 2007. Intake and bioaccessibility of total polyphenols in a whole diet. *Food. Chem.* 101, 492-501.
- Silva, D.J. & Queiroz, A. C. 2002 *Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos*, 235.
- Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russell, J.B., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II- Carbohydrate and protein availability. *J. Dairy Sci.*, 70, 3562-3577.
- Thompson, J., Meyer, H., 1994. *Body Condition Scoring Of Sheep*. O.S.U.E. Service, Oregon, pp. 4.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 74 (10), 3583-3597.
- Waghorn, G.(2008). Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production-progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology*, v.147, p.116-139.
- Woodward, S. L.; Waghorn G. C. & Laboyre P.(2004). Condensed tannins in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) reduce methane emissions from dairy cows. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 64:160–164.
- Woodward, S. L.; Waghorn G. C.; Lassey K. R. & Laboyre P. (2002). Does feeding sulla (*Hedysarum coronarium*) reduce methane emissions from dairy cows? *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 6:227–230.

Tabela 1: Qualidade nutricional de pastagem tropical de capim aruana e feijão guandu (proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE) e taninos condensados (TC)), a oferta média por tratamento (OF) e a relação folha colmo(RFC). As amostras foram coletadas por simulação de pastejo, indicando a dieta dos animais.

Variáveis	Tratamentos			EPM			P
	ARU	FG	AFG	ARU	FG	AFG	
PB	13,798	17,8368	15,406	1,2856	1,2915	1,2856	0,1634
FDN	60,930a	46,329	53,492a	2,088	2,106	2,088	0,007
		b	b	1	6	1	8
FDA	31,141a	26,724	29,273a	0,830	0,835	0,830	0,026
		b	b	2	5	2	3
EE	2,402	2,724	2,853	0,366	0,370	0,366	0,685
				1	0	1	3
TC	1,169b	12,603a	4,375b	1,421	1,444	1,421	0,003
				5	2	5	6
OF(kgMS/kgPV)	5,118	5,550	3,838	0,731	0,743	0,731	0,303
				8	7	8	1
RFC	0,487a	0,374b	0,320ab	0,040	0,041	0,040	0,824
				6	9	6	3

EPM: Erro Padrão da Média. ARU- somente aruana; FG- somente feijão guandu; AFG- aruana + feijão guandu(piquete meio aruana e meio feijão guandu). Letras iguais na linha não apresentam diferença estatística significativa.

Tabela 2 : Peso do animais (PESO), ganho médio diário(GMD), consumo em percentual do peso vivo(CONSpPV), emissão de metano por consumo de matéria seca dia (EMICONSMSDIA), emissão de metano pelo ganho médio diário (EMIGMD), emissão de metano pelo peso vivo (EMIPV), e a emissão de metano por animal por dia(EMI).

Variáveis	Tratamentos						P
	ARU		FG		AFG		
	Água	PEG	Água	PEG	Água	PEG	
PESO (kg)	22,33 ± 0,9866	24,86 ± 0,9866	23,38 ± 1,0318	22,63 ± 0,9866	23,66 ± 0,9866	24,13 ± 0,9866	0,1250
GMD (g)	0,074 ± 0,0159	0,084 ± 0,0159	0,073 ± 0,0168	0,082 ± 0,0159	0,072 ± 0,0159	0,091 ± 0,0159	0,9438
CONSpPV(%)	1,896 ± 0,1651	1,750 ± 0,1651	1,596 ± 0,1735	1,573 ± 0,1735	1,540 ± 0,1735	1,355 ± 0,1651	0,8237
CONSMSDIA (g)	434,92 ± 35,854	439,68 ± 35,854	359,63 ± 38,332	352,25 ± 38,332	370,82 ± 38,330	327,04 ± 35,854	0,7486
EMI(g/animal dia)	27,00 ± 3,589	30,90 ± 3,589	26,93 ± 4,706	32,65 ± 3,589	34,25 ± 3,788	26,75 ± 3,589	0,1793
EMICONSMSDIA(g)	0,081 ± 0,0203	0,074 ± 0,0203	0,107 ± 0,0229	0,091 ± 0,0207	0,103 ± 0,0212	0,088 ± 0,0203	0,9235
EMIGMD(g)	0,256 ± 0,1085	0,281 ± 0,1085	0,3432 ± 0,1516	0,566 ± 0,1085	0,4432 ± 0,1162	0,208 ± 0,1085	0,1756
EMIPV(g)	0,0012 ± 0,00016	0,0012 ± 0,00016	0,0012 ± 0,00019	0,00141 ± 0,0016	0,0014 ± 0,00016	0,0011 ± 0,00016	0,2223

O “±” é o Erro Padrão da Média. ARU- somente aruana; FG-somente feijão guandu; AFG-metade do piquete aruana e metade feijão guandu.

CAPÍTULO III

Parâmetros bromatológicos de pastagens tropicais e a produção de metano

¹Elaborado de acordo com as normas da Livestock Science (Apêndice 1)

Parâmetros bromatológicos de pastagens tropicais e a produção de metano

1. Resumo

Este trabalho teve como objetivo estudar as relações entre as características químicas de pastagens tropicais, gramíneas e leguminosas, com as emissões de metano de cordeiros. O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental da UFRGS, de fevereiro a abril de 2015. Os tratamentos foram: 1- ARU- somente capim aruana; 2- FG - somente feijão guandu e 3- AFG – piquete dividido, metade com capim aruana, e metade com feijão guandu. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, em três repetições. Foram avaliados 36 cordeiros com peso inicial de $23,4 \pm 3,06$ kg e final de $26,1 \pm 3,31$ kg. A técnica de avaliação de emissão de metano foi medida utilizando marcador de hexafluoreto de enxofre (SF_6). Foram realizadas regressões entre PB, FDN, FDA, EE, EM, CHOT, CNF, NDT e TC e emissão por animal por dia, emissão por consumo de matéria seca por dia, emissão pelo peso vivo e a emissão pelo ganho médio diário. Os resultados demonstram que a emissão de metano por cordeiros em pastagem de verão de *Panicum maximum* cv. IZ-15, e *Cajanus Cajan* cv. anão é bastante variável, e não é possível afirmar que a maior, ou menor emissão de metano é em função DE CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS das diferentes pastagens.

Palavras-chave: feijão Guandu, taninos condensados, aruana, composição química

2.Introdução

Vários eventos mundiais têm sido realizados com o objetivo de discutir sobre os gases prejudiciais ao meio ambiente. Várias conferências, Quioto, ECO,92, Rio+20 entre outras, estabeleceram tratados com etapas visando redução dos gases de efeito estufa, dentre eles o metano. Na tentativa de reduzir as emissões globais de metano, a conferência de Quioto, introduziu o conceito de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, objetivando a redução das emissões de gases de efeito estufa e propiciar a sustentabilidade ambiental (Oliveira et al., 2013).

O processo digestivo de fermentação entérica, inerente aos ruminantes, é uma importante fonte de emissão de metano. A produção desse gás pode variar de acordo com o sistema de alimentação (Pedreira et al., 2005), e é responsável por 6% a 18% de perda da energia bruta consumida (Pedreira & Primavesi, 2006). Pouco se conhece sobre a emissão de metano de ovinos em pastagens tropicais. Dentro das poucas informações pode-se citar Ulyatt et al. (2005) que trabalharam com quicúio em região subtropical da Nova Zelândia, e Hess et al.(2004) que pesquisaram o assunto utilizando feno de *Brachiaria dictyoneura* de baixa qualidade juntamente com folhas de leguminosas e frutos. Grande parte dos estudos são realizados com bovinos (Primavesi et al., 2004; Fontes et al., 2011) em pastagens temperadas.

Estudos mostram que o tipo de pasto tem um grande potencial de alterar a fermentação ruminal e conseqüentemente a emissão de metano. Essa variação deve-se fundamentalmente pelas diferenças de qualidade nutricional das pastagens (Mohammed et al., 2004). A proteína bruta não favorece as rotas de formação de metano como ocorre com a fermentação da glicose..

A quantidade de metano emitido por fermentação ruminal está relacionado ao animal, à ingestão de matéria seca e à digestibilidade do alimento. Todavia, há a possibilidade das quantidades de gás CH₄ produzido ser reduzido através da modificação dos parâmetros ruminais de fermentação (Mohammed et al., 2004) pela alteração da composição química e quantidade de pastagem. Este trabalho objetivou verificar a possível influência de alguns componentes químicos da pastagem na emissão de metano.

3. Material e Métodos

3.1. Animais, tratamentos e delineamento experimental

O trabalho foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS (EEA-UFRGS), latitude 30° 7' 21,25" S e longitude 51° 7' 47,64" W em 2015 e latitude 30° 7' 21" S e longitude 51° 40' 60" W em 2016, no ano de 2015. O experimento ocupou uma área total de 1,8 hectares, subdividida em parcelas de 0,2 hectares. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética e Experimentação Animal da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Protocolo nº 21121).

3.2. Animais

Foram avaliados, em média, quatro cordeiros machos e castrados (animais testes) com idade entre 3 e 4 meses e peso inicial de $22,2 \pm 0,58$ kg e 26,6 kg ao término do experimento. Utilizou-se três cordeiros testes nas parcelas com pastagem de *Panicum maximum* IZ-5 (ARU) e no *Cajanus cajan* cv. anão, e seis cordeiros na parcela com as duas espécies forrageiras (*Panicum maximum* IZ-5 (ARU) e *Cajanus cajan* cv. anão). Água e suplementação mineral foram disponibilizados à vontade.

3.3. Tratamentos e delineamento

Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento de blocos completos casualizados, com três repetições. O bloqueamento foi devido à fertilidade de solo e condição topográfica (área plana e área ligeiramente declivosa, uma área no topo e outra na baixada). Realizou-se duas avaliações, a primeira em 08 a 14 de março de 2015 e de 12 a 17 de abril de 2015 nos seguintes tratamentos: 1) capim aruana (*Panicum maximum* cv. IZ-5) (ARU); 2) feijão guandu (*Cajanus cajan*) (FG) e 3) capim aruana (*Panicum maximum* cv. IZ-5) + feijão guandu (*Cajanus cajan*) (AFG). A massa de forragem (MF) e altura da pastagem foram determinadas no início do experimento - entrada dos animais - e a cada 28 dias. Para a determinação da altura das forrageiras, em cada parcela. Foram avaliados 50 pontos com bastão graduado de 200 cm (sward stick), conforme Bircham (1981).

A avaliação da massa de forragem foi realizada com o auxílio de um quadro com 0,25 m² para delimitar a área de avaliação, totalizando seis pontos amostrais por piquete, três na altura média da pastagem e três pontos aleatórios. As amostras foram cortadas rente ao solo, pesadas, homogeneizadas, e retiradas duas subamostras, uma para

determinação do percentual de matéria seca (MS) e outra para a separação botânica e estrutural (lâmina foliar, colmo mais bainha, material senescente, inflorescência e outras espécies). O teor de MS foi determinado através de pesagem das amostras, antes de serem secas em estufa de ar forçado regulado a uma temperatura média de 55°C e mantidas por, no mínimo, 72 horas. Após, foram pesadas sucessivas vezes sendo retiradas quando apresentaram peso constante. Para a obtenção do percentual de MS da forragem (kg de MS/ha) os valores de massa de forragem foram multiplicados pelos valores da massa de forragem verde (kg/ha de MV).

Administrou-se diariamente 60g/dia de polietileno glicol (PEG) com densidade 4000 para dois cordeiros por parcela, via oral, e os outros dois animais receberam água para minimizar o possível efeito estressante da pistola e do manejo. A dosificação com PEG teve como objetivo a redução do efeito do tanino nas pastagens para a determinação real do efeito desse composto na emissão de metano. Segundo Makkar (2003), os taninos condensados (bioativos presentes no feijão guandu) são inativados quando em presença de PEG.

3.4. Estimativa de produção de metano

Para a avaliação de metano utilizou-se a técnica desenvolvida por Johnson et al. (1994) que utiliza o marcador hexafluoreto de enxofre (SF_6). A técnica consiste em colocar no rúmen dos cordeiros, a serem avaliados, uma cápsula de permeação, que libera SF_6 com taxa de liberação conhecida previamente. Aguarda-se 10 dias para que a liberação do SF_6 se estabilize. A seguir, o tubo coletor, um cilindro, confeccionado em aço inoxidável, limpo com nitrogênio e esvaziado com formação de vácuo, foi colocado em uma “mochila” fixada sobre o dorso do animal com um dia de antecedência. Ao cilindro, acoplou-se um regulador de ingresso confeccionado em cobre e calibrado para admitir o ingresso de 500 milibares de amostra. A captura da amostra foi realizada na região oronasal dos animais composta por mistura de material expirado e recrutado em um período de cinco dias consecutivos de avaliação. A captação do gás emitido pelos animais foi realizada através de válvula de ingresso ligada a uma mangueira plástica com calibre aproximado de 3mm. Adicionalmente, três tubos foram alocados na área experimental para coleta de ar atmosférico (um por bloco), sendo os valores utilizados como “brancos” para a realização dos cálculos (desconto do CH_4 e do SF_6 presentes no ambiente). Após a amostragem, a pressão no cilindro foi medida precisamente, com medidor digital, e pressurizado com nitrogênio de alta pureza até a pressão de 1050

milibares (mg). Essa pressurização é necessária para a diluição das amostras coletadas e sua injeção no equipamento de análise. Posteriormente, as concentrações do CH₄ e do SF₆ foram determinadas por cromatografia gasosa. O equipamento é composto por bicos injetores acoplados a duas válvulas automatizadas, detectores de ionização de chama, para a leitura de metano, e de captura de elétrons, para a leitura do hexafluoreto de enxofre. As análises de concentração de gases foram feitas pelos técnicos do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do Departamento de solos da UFRGS.

A curva padrão foi calibrada utilizando-se padrões nas seguintes concentrações: 10; 30; 100 e 1000 pot. de SF₆ e 2,5; 5,0; 10 e 20 pop de CH₄. Após as leituras em cromatografia, as concentrações de CH₄ e SF₆ foram corrigidas para diluição. A partir da taxa conhecida de liberação do SF₆ no rúmen, e das concentrações de CH₄ e de SF₆ nas amostras de gás coletadas, o fluxo de metano liberado pelo animal foi calculado em relação ao fluxo de SF₆ da seguinte forma:

$QCH_4 = QSF_6 \times ((CH_4 - CH_{4B}) / (SF_6 - SF_{6B}))$ Onde: QCH₄ foi a taxa de emissão de metano em g/dia; QSF₆ é a taxa de liberação do SF₆ da cápsula de permeação; CH₄ e SF₆ são as concentrações medidas no tubo coletor (cilindro de inox); CH₄B e SF₆B são as concentrações medidas no tubo coletor “branco”.

3.5.Avaliação da pastagem

A taxa de acúmulo de matéria seca foi obtida pela alocação de três gaiolas de exclusão de pastejo, por piquete. A técnica consiste em selecionar, para cada gaiola, dois locais representativos da altura média do potreiro e semelhantes em densidade de massa e de espécies dentro do quadro (0,25 m²). Uma área foi cortada e na outra foi alocada a gaiola. O cálculo da taxa de acúmulo foi realizado pela diferença entre o corte fora da gaiola e a respectiva gaiola, alocada no período anterior e dividido pelo número de dias do período.

A avaliação da massa de forragem foi realizada através de seis pontos amostrais por piquete, três na altura média da pastagem e três pontos aleatórios. As amostras foram cortadas rente ao solo, pesadas, homogeneizadas, e subdivididas em duas amostras, sendo uma para determinação do percentual de matéria seca (MS) e outra para separação botânica e estrutural.

Na determinação da composição botânica, as amostras foram separadas da seguinte forma: lâmina foliar, colmo mais bainha, material senescente, inflorescência e outras espécies. As amostras, após a separação botânica, foram colocadas em estufa de ar

forçado, a uma temperatura de 60°C até peso constante, e pesadas em balança de precisão de 0,1 g. A cada 28 dias, em média, com amostragens ao acaso, foi medida a altura do pasto. A leitura foi realizada, com bastão graduado (sward stick conforme Bircham, 1981), em 50 pontos para cada 0,2 ha, sendo medido o ponto mais alto da folha, em relação ao solo. A oferta foi calculada através da seguinte fórmula: $OF = [(Massa\ de\ lâmina\ foliar / número\ de\ dias\ do\ período) + Acúmulo\ de\ forragem] / carga\ animal$. Das amostras coletadas, 2/3 da massa verde foi seca em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C por no mínimo 72 h, até atingirem pesos constantes, para realização de análise bromatológica, e o restante foi liofilizada para análise de taninos.

3.6. Qualidade da pastagem

Para a análise bromatológica das amostras de capim Aruana, feijão Guandu e plantas não desejáveis, as amostras, foram moídas em moinho tipo Wiley a 1 mm. Analisou-se os teores de MS, matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) (conforme AOAC, 1995), extrato etéreo (EE) (Silva e Queiroz, 2002), fibra em detergente neutro (FDN) (Van Soest et al., 1991), fibra em detergente ácido (FDA) (Goering e Van Soest, 1970). Os carboidratos totais (CHOT) e nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados conforme a equação descrita por Sniffen et al. (1992). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados pela diferença entre CHOT e FDN. Para a determinação dos teores de taninos, as amostras liofilizadas foram moídas em moinho tipo Wiley a 0,5 mm. Os teores de taninos totais (TT), hidrolisáveis (TH), condensados (TC), condensados extraíveis (EPA) e condensados não extraíveis (NEPA), a partir de adaptação das metodologias de Grabber et al. (2013), Makkar (2000), Porter et al. (1986) e Saura-Calixto et al. (2007), foram expressos em equivalente grama (eq-g) de leucocianidina / kg de MS. Para os cálculos foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{eq-g de Leucocianidina (L) / kg MS} = \{ \text{absorbância} \times [10 \times (\text{volume de diluição em mL}) / (460 \times \text{peso da amostra})] / (\text{MS, em kg}) \} \times 10$$

3.7. Avaliação dos Animais

Ganho de peso e escore da condição corporal dos animais

Os animais foram pesados, com jejum prévio de sólidos de 12 horas. As pesagens foram realizadas no início do experimento e a cada 28 dias até a conclusão do experimento. Na ocasião das pesagens, foi avaliado o Escore de Condição Corporal dos

animais, através da técnica descrita por Russel (1991) e modificada por Thompson & Meyer (1994).

3.8. Consumo e digestibilidade

O consumo de MS total (CTMS) foi estimada a partir da produção fecal diária (PF). A coleta total diária de fezes foi realizada por bolsa coletora durante cinco dias. As fezes coletadas diariamente eram pesadas e retirada uma alíquota de 20% que posteriormente foram homogeneizadas para formar uma amostra composta por animal no período dos cinco dias. A CTMS foi estimada pela equação:

$$CTMS = PF / (1 - DMS) \text{ Onde, DMS = digestibilidade da MS.}$$

A DMS foi estimada a partir do método in situ da porção de FDNi. As amostras de capim aruana, feijão Guandu, plantas não desejáveis e fezes (uma amostra composta por piquete) foram incubadas por 144 h em ovinos machos fistulados no rúmen, metodologia adaptada de Detmann et al. (2004) e Kozloski et al. (2009). Os animais pertencem ao Departamento de Zootecnia da UFRGS e foram alimentados com feno de alfafa e milho moído durante todo período de avaliação:

$$DMS = 1 - (FDNi \text{ alimento} / FDNi \text{ fezes})$$

Coefficiente de digestibilidade = [(nutriente ingerido – nutriente excretado) / nutriente ingerido] * 100

3.9. Análise Estatística

Foi realizada análise de regressão com o programa EXCELL(Windows 10) entre proteína bruta(PB), fibra em detergente neutro(FDN), fibra em detergente ácido(FDA), extrato etéreo (EE), energia metabolizável(EM), carboidratos totais(CHOT), carboidratos não fibrosos(CNF), nutrientes digestíveis totais(NDT) e taninos condensados(TC) e emissão de metano(EMI), emissão de metano por consumo de matéria seca(EMICONMSDIA), emissão de metano por peso vivo(EMIPV) e a emissão de metano por ganho médio diário(EMIGMD).

4.Resultados

As relações entre a composição química das pastagens de influência nutricional se mostraram bastante variáveis na resposta da emissão de metano. Os resultados demonstraram que não há uma relação direta entre as características bioquímicas do alimento e a emissão de metano. Essa desassociação entre a emissão de metano e a composição química da pastagem foi constatada tanto quando relacionou-se a emissão por animal(EMI), emissão por quilograma de matéria seca ingerida (EMICONMSDIA). Entretanto algumas tendências de aumento ou de redução da emissão de metano foi observada conforme a variação das diferentes características bioquímicas da pastagem.

Com o aumento do teor de proteína bruta (PB), figura 1, há uma tendência de redução da emissão de metano por animal(EMI), por kg de matéria seca(EMICONMSDIA) ingerida e também na EMIPV porém não há nem aumento, nem redução da emissão de metano se considerarmos a emissão de metano por ganho médio diário(EMIGMD). Também observou-se que, contrariamente ao que ocorre com a PB , a EMIPV e a EMICONMS aumenta a medida que o teor de FDN aumenta, mas não há influência na resposta para a EMIGMD, figura 2.

Não foi observado relação direta do FDA com a EMI, nem com a EMICONMSDIA e tampouco com o EMIPV E EMIGMD figura 3,.

O EE, à medida que seu teor aumenta na MS, a EMI tende a reduzir, assim como a EMICONMSDIA e a EMIPV e parece não interferir na EMIGMD, figura 4.

O aumento do quantidade de energia metabolizável (EM) também parece contribuir para que a emissão de metano reduza. A contribuição positiva para diminuir a formação do gás metano também é observado na figura 5, quanto às EMICONMSDIA, EMIPV e EMIGMD.

Quanto aos carboidratos totais (CHOT), figura 6, apresentam uma tendência positiva para o aumento das emissões de metano pelos ruminantes. Assim como também os carboidratos não fibrosos(CNF), figura 7, tenderam a contribuir positivamente para o aumento das EMI, EMICONMSDIA, EMIPV e EMIGMD.

Os nutrientes digestíveis totais (NDT), figura 8, favoreceu negativamente à EMI, EMICONMSDIA, EMIPV e a EMIGMD.

Os taninos condensados(TC), figura 9, demonstraram contribuir para a redução da emissão de metano.

5. Discussão

As variações observadas nos dados de EMI, EMICONMSDIA, EMIPV E EMIGMD possivelmente são decorrentes da variação entre os animais. Lassey et al. (1997) explicam que 85% da variação na produção diária de CH_4 (g/dia) de ovinos em pastejo é devido a variação entre indivíduos, e somente 13% é devido às diferenças na ingestão de matéria seca (MS). Porém, Ulyatt et al. (1999) relatam outros fatores de variação na medição de metano, tais como os que são afetados pelo equipamento utilizado (geometria de entrada do bico em relação ao nariz do animal); as condições ambientais; os danos mecânicos na linha de coleta causando bloqueio total ou parcial e o erro do operador.

Quanto à fração proteína bruta (PB), sofrem fermentação no rúmen com a consequente geração de gás CH_4 , contudo alterações na concentração de H_2 não favorecem rotas alternativas de produção de metano como ocorre na fermentação da glicose. Por isso, variações no ambiente ruminal que possam favorecer a metanogênese e a concentração de H_2 não terão grande efeito sobre a produção de H_2 e metano a partir da fermentação de proteínas, como ocorrerá com a fermentação de carboidratos (Janssen, 2010). Também segundo Kirchgessner et al. (1995), o impacto da fração bruta do nutriente proteína sobre a produção de metano, é de 10%. No interior da célula, os aminoácidos e monossacarídeos podem ser utilizados na síntese de proteínas microbianas ou, quando degradados produzir ATPs e nucleotídeos reduzidos que são utilizados no processo de síntese de ácidos graxos voláteis (Kozloski 2009).

O teor de fibra indigestível em detergente neutro (FDN) demonstra tendência de aumento da emissão de metano com o aumento dos teores deste componente. De acordo com Beever (1993), pode-se esperar menor produção de CH_4 em baixa concentração de FDN.

O FDA possivelmente não interfere nas emissões de metano pois, a fibra insolúvel em detergente ácido compreende a porção menos digestível da parede celular (celulose e lignina (Van Soest et al., 1991). A lignina é uma fração que não sofre degradação por bactérias ruminais e a celulose apresenta baixo potencial de degradação (Buxton & Brasche, 1991) por isso, parece não influenciar na produção de metano significativamente.

Com o aumento do teor de EE, a produção de metano tende a reduzir pois, a atividade das Archaeas metanogênicas reduzem sua atividade devido à presença de ácidos graxos de cadeia média (Machmuller et al., 2003). A inatividade das bactérias

celulolíticas (Nagajara et al., 1997) e protozoários (Doreau & Ferlay, 1995) é devido ao efeito tóxico dos ácidos graxos poli-insaturados. Ocorre também uma redução da matéria orgânica fermentável no rúmen, pois os lipídeos não são fonte energética para esses microorganismos, gerando uma menor produção de metano.

A energia metabolizável demonstrou uma tendência em contribuir com a redução da emissão de metano. Sabe-se que o aumento da densidade energética da dieta estimula a produção de propionato reduzindo a participação do butirato e do acetato no rúmen, não formando assim, gás metano e maior ganho de peso de animais possibilita o abate em idade mais precoce, reduzindo as emissões de metano durante a vida do animal (FONTES et al., 2011).

Os carboidratos totais(CHOT) tenderam a contribuir positivamente para o aumento da produção de metano pois, sua degradação requer a ação de microorganismo celulolíticos, que produzem acetato. Segundo Beever (1993), pode-se esperar menor produção de CH₄ para forragens com elevado teor de carboidratos não fibrosos (CNF) composta por amidos e açúcares que promovem uma redução da relação acetato/propionato (Van Soest, 1994). Na figura.6 a linha é ascendente, pois possivelmente tem efeito na alterações na microbiota ruminal e na composição físico-químico do ambiente do rúmen baixando a relação acetato/propionato.

Como era de esperar o teor de NDT neste trabalho demonstrou contribuir negativamente na produção de metano. Provavelmente isto ocorreu porque os nutrientes digestíveis totais envolve a porção digestível das frações do alimento e a porção digestível reduz a relação acetato/propionato. O aumento dos teores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e redução da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) permitem uma elevação de conteúdo NDT, possibilitando uma maior ingestão de forragem e menor emissão de metano por quilograma de matéria seca (MS) ingerida (HART et al., 2009).

Neste experimento também os taninos condensados, figura 8, tiveram sua contribuição para a redução do gás CH₄. Os taninos explicam 20% da redução EMI e da EMIPV, 30% da EMICONMSDIA. Na EMIGMD, é praticamente imperceptível a influência dos taninos condensados provavelmente devido ao baixo GMD. Diversos estudos têm demonstrado que os taninos condensados tem efeito positivo na redução da emissão de metano por ruminantes (Puchala et al., 2005; Woodward et al., 2002). Entretanto, alguns trabalhos demonstram que em leguminosas tropicais com níveis em torno de 1% de tanino condensado na matéria seca, essa resposta é bastante variável.

6. Conclusão

A emissão de metano por cordeiros em pastagem de verão de *Panicum maximum* cv. IZ-15, e *Cajanus cajan* cv. Anão é bastante variável.. Não é possível afirmar que a maior ou menor emissão de metano é função das características químicas das pastagens e da presença ou não de taninos condensados.

7. Agradecimentos

Agradecemos à CAPES pela concessão de bolsa e ao CNPq pelo financiamento do projeto. Cesar Henrique Espírito Candal Poli, Membro da rede MARCARNE, CYTED (ref. 116RT0503).

8.Referências Bibliográficas

- Beever, D.E. 1993: Rumen function. In: J.M. Forbes, and J. France, eds. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism.' CAB International, Oxon, UK. Pp 187-215.
- Berchielli, T. T.; Andrade, P. & Furlan, C. L. 2000 Avaliação de Indicadores Internos em Ensaios de Digestibilidade. Rev. bras. zootec., 29(3):830-833, 2000
- Buxton, D.R.; Brasche, M.R. 1991. Digestibility of structural carbohydrates in cool - season and legume forages. Crop Science, v.31. p.1338-1345.
- Chagunda M.G.G.; Ross, D. & Roberts D.J. 2009. On the use of a Laser Methane Detector in dairy cows. Computers and Electronics in Agriculture 68, 157–160.
- Doreau, M.; Ferlay, A. Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the rumen: a review. Livestock Production Science, v. 43, p. 97–110, 1995.
- Fontes, C.A. A.; Costa, V.A. C.; Berned, A.; Frighetto, R.T. S.; Valente, T.N.P. Processi E. F. 2011. Emissão de metano por bovinos de corte, suplementados ou não, em pastagem de capim mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça).II Emissão por Mcal de energia líquida ingerida e por kg de ganho. 48a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia.
- Hart, K.J.; Martin, P.G.; Foley, P.A.; Kenny, D.A.; Boland, T.M. Effect of sward dry matter digestibility on methane production, ruminal fermentation, and microbial populations of zero-grazed beef cattle. Journal of Animal Science, v.87, p.3342-3350, 2009. DOI: 10.2527/jas.2009-1786.
- Hess, H. D. R.; Beuret, A.; Lötscher, M.; Hindrichsen, I. K.; Machmüller, A.; Carulla, J. E.; Lascano, C. E.; Kreuzer, M. Ruminal fermentation, methanogenesis and nitrogen utilization of sheep receiving tropical grass hay-concentrate diets offered with *Sapindus saponaria* fruits and *Cratylia argentea* foliage. Animal Science 2004, 79: 177-189. DOI: 10.1017/S1357729800054643.
- Janseem, P. H. Influence of hydrogen on rumen methane formation and fermentation balances through microbial growth kinetics and fermentation thermodynamics. Animal Feed Science and Technology, v. 160, p. 1-22, 2010.
- Johnson K.A. & Johnson D.E 1995. Methane emissions from cattle. Journal of Animal Science 73, 2483–2492.
- Kirchgessner, M.; Windisch, W.; Muller, H.L. 1995. Nutritional factors for the quantification of methane production. In Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction: 333-348. (Eds) Engelhardt W, Leonhard-Marek S, Breves G & Gieseke D.Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Kozloski, G. V. 2009 Bioquímica dos Ruminantes. Editora da Universidade Federal de Santa Maria. 2º Edição. 216p.
- Lassey, K. R.; Ulyatt, M. J.; Martin, R. J.; Walker, C. F. & Shelton, I. D. (1997). Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand. Atmospheric Environment 31, 2905–2914.
- Machmuller, A.; Soliva, C. R.; Kreuzer, M. Methane-suppressing effect of myristic acid in sheep as affected by dietary calcium and forage proportion. British Journal of Nutrition, v. 90, p. 529–540, 2003.
- Mohammed, N.; Onodera, R.; Itabashi, H. et al. Effects of ionophores, vitamin B6 and distiller's grains on in vitro tryptophan biosynthesis from indolepyruvic acid, and production of other related compounds by ruminal bacteria and protozoa. Animal Feed Science and Technology, v.116, n.3, p.301-311, 2004
- Nagaraja, T. G.; Newbold, C. J.; Van Nevel, C. J.; Demeyer D. I. Manipulation of ruminal fermentation. In: Hobson, P. N.; Stewart, C. S. (Ed.). The rumen microbial ecosystem. London: Blackie Academic & Professional, 1997. p. 523–632.

- Oliveira, E.R.; Monção, F. P.; Góes, R. H. T. B.; Gabriel, A. M. A.; Paz, I. C. L. A.; Naas, I. A.; Santos, R. C.; Moura, L. V. 2013 Bioprodutos do cerrado: alternativas alimentares na redução da emissão de metano em bovinos – estudo de caso. *Revista Agrarian* ISSN: 1984-2538. Revisão
- Pedreira, M.S.; Oliveira, S.G.; Berchielli, T.T.; Primavesi, O. 2005. Aspectos relacionados com a emissão de metano de origem ruminal em sistemas de produção de bovinos. *Archives of Veterinary Science*, v. 10, n. 3, p. 24-32, 2005
- Pedreira, S.M; Primavesi, O. Impacto da produção animal sobre o ambiente. In: Berchielli, T.T.; Pires, A.V.; Oliveira, S.G. (Eds.) *Nutrição de ruminantes*. 1.ed. Jaboticabal: Funep, 2006. p.497-511.
- Primavesi, O.; Frighetto, R. T. S.; Pedreira, M. S.; Lima, M. A.; Berchielli, T. T.; Barbosa, P. F. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.39, n.3, p.277-283, mar. 2004.
- Puchala, R.; Min, B. R.; Goetsch, A. L.; Sahlu, T. 2005 The effect of a condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. *T. Journal of Animal Science*; Champaign VolUlyatt, M. J.; Baker, S. K.; McCrabb, G. J. & Lassey, K. R. (1999). Accuracy of SF6 tracer technology and alternatives for field measurements. *Australian Journal of Agricultural Research* 50, 1329–1334.
- Ulyatt, M. J.; Lassey, K. R.; I. D. Shelton, I. D.; Walker, C. F. Methane emission from dairy cows and wether sheep fed subtropical grass-dominant pastures in midsummer in New Zealand, *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 45:4, 227-234, DOI: 10.1080/00288233.2002.9513513.
- 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. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Van Soest, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2^a ed. Cornell University Press. Ithaca. 476 pp. 1994.
- Vitti, D. M. S. S.; Abdalla, A. L.; Bueno, L. C. S.; Silva Filho, J. C.; Costa, C.; Bueno, M. S.; Nozella, E. F.; Longo, C.; Vieira, E. Q.; Cabral Filho, S. L. S.; Godoy, P. B.; Mueller-Harveyf. I. Do all tannins have similar nutritional effects? A comparison of three Brazilian fodder legumes. *Animal Feed Science and Technology* 119 (2005) 345–361. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2004.06.004.
- Woodward, S. L., G. C. Waghorn, M. J. Ulyatt, and K. R. Lassey. 2001. Early indications that feeding Lotus will reduce methane emission from ruminants. *Proc. N.Z. Anim. Prod.* 61:23-26.

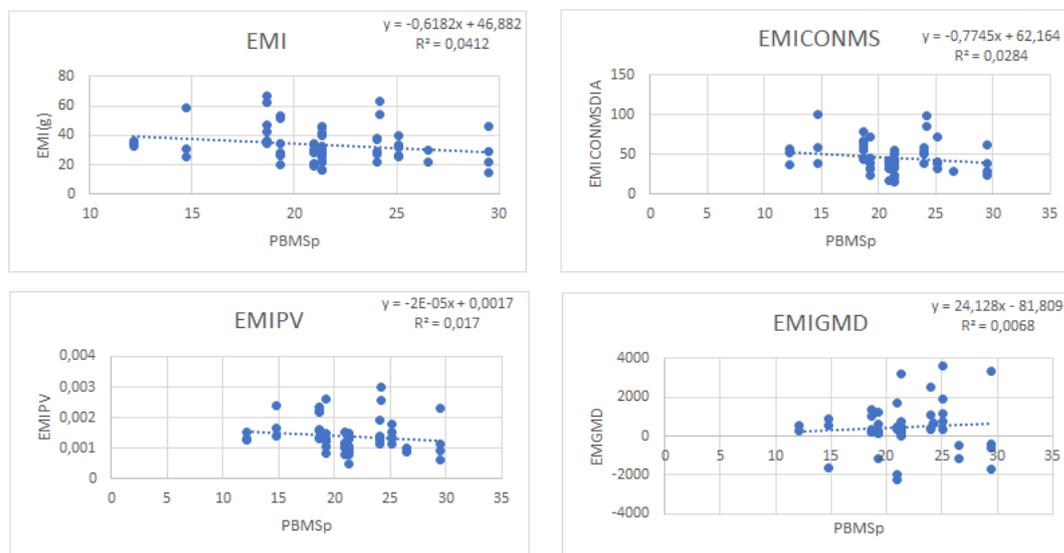


Figura 1: Proteína bruta (PB) (%MS) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).

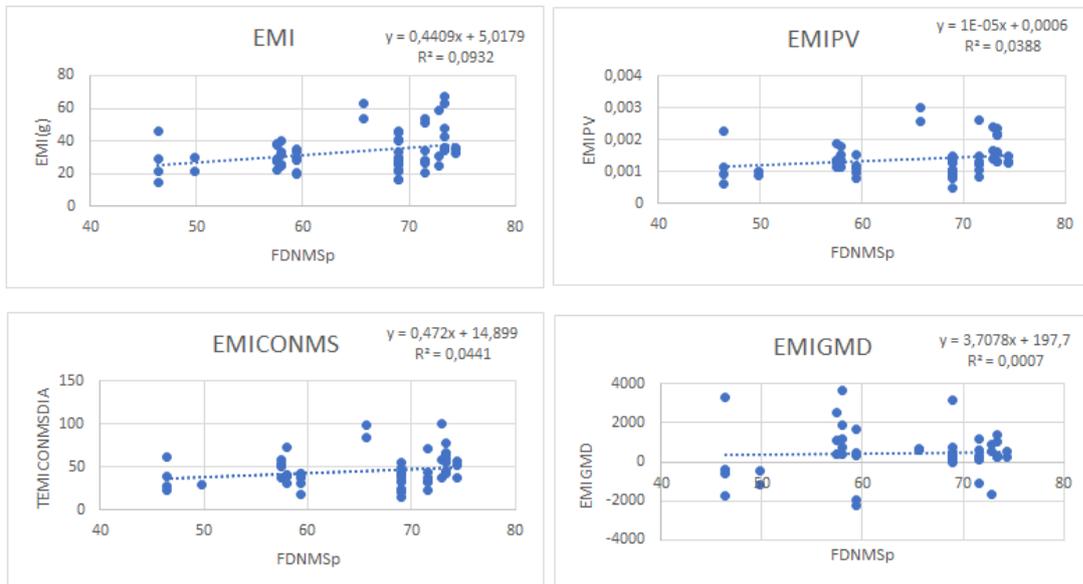


Figura 2: Fibra em detergente neutro(FDN) (%MS) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).

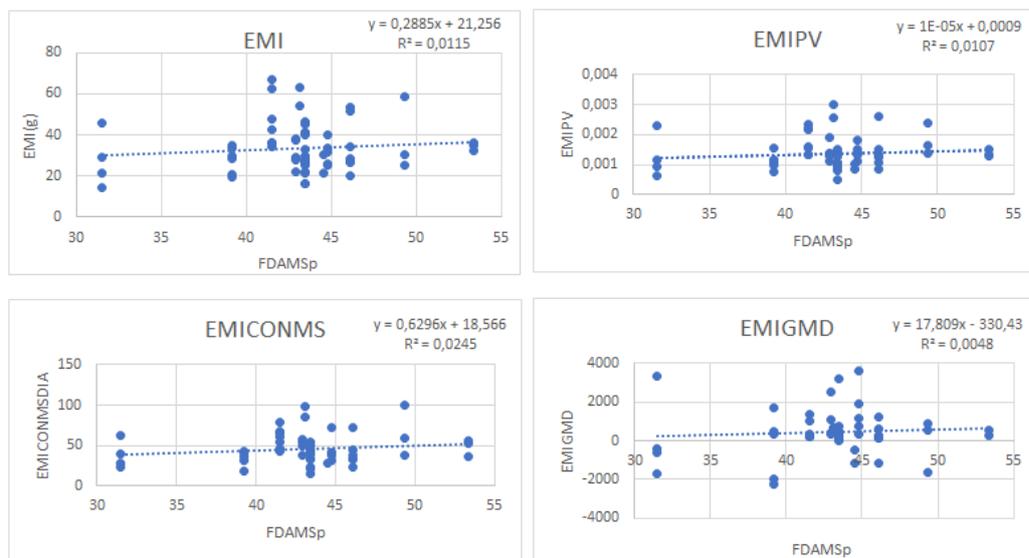


Figura 3: Fibra em detergente ácido (FDA) (%MS) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).

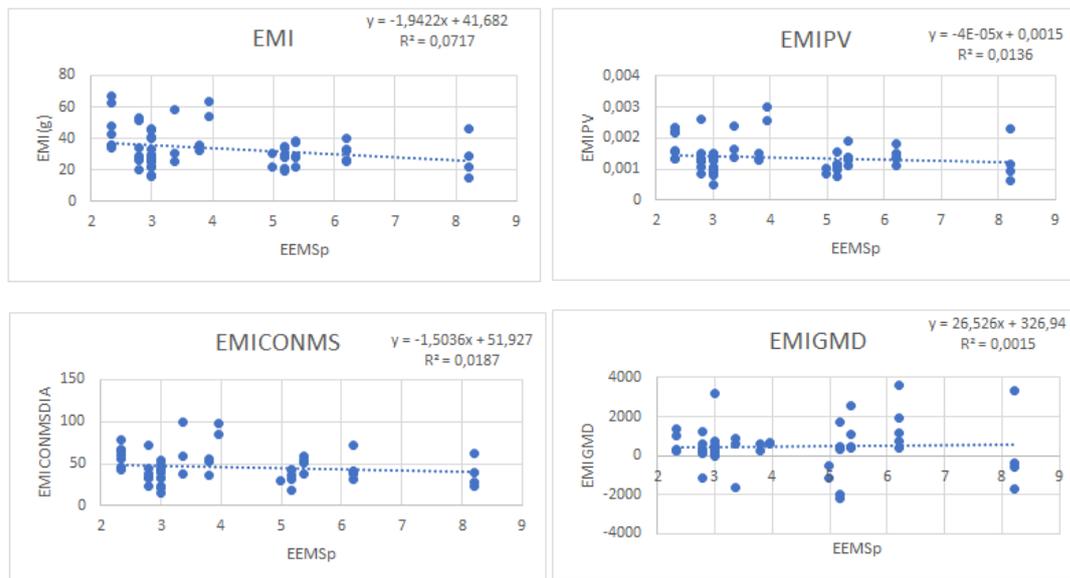


Figura 4: Extrato etéreo (EE) (%MS) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).

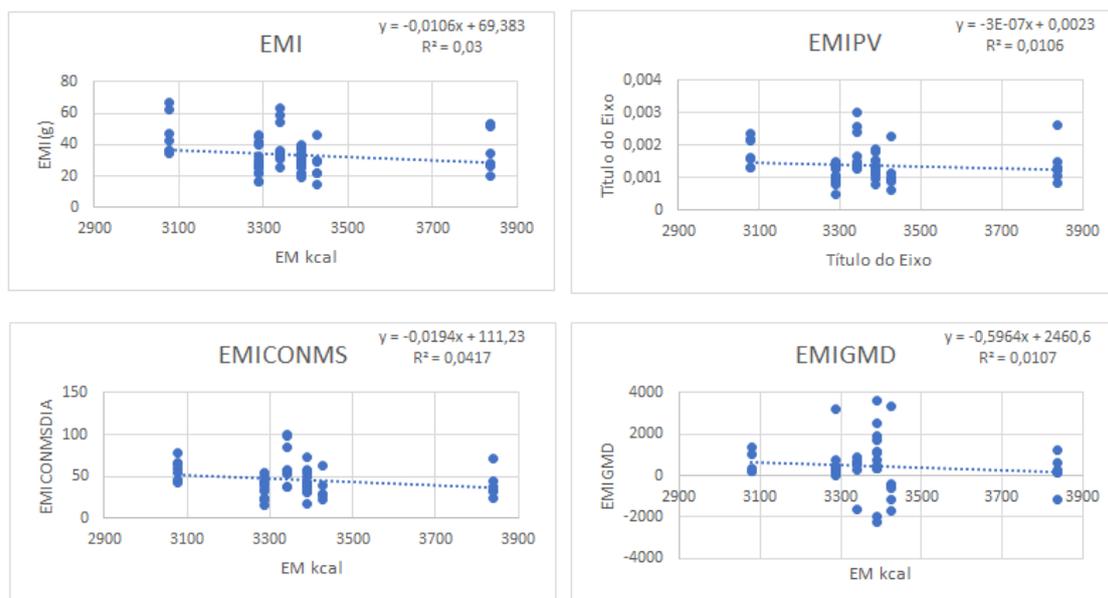


Figura 5: Energia metabolizável(EMkcal) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).

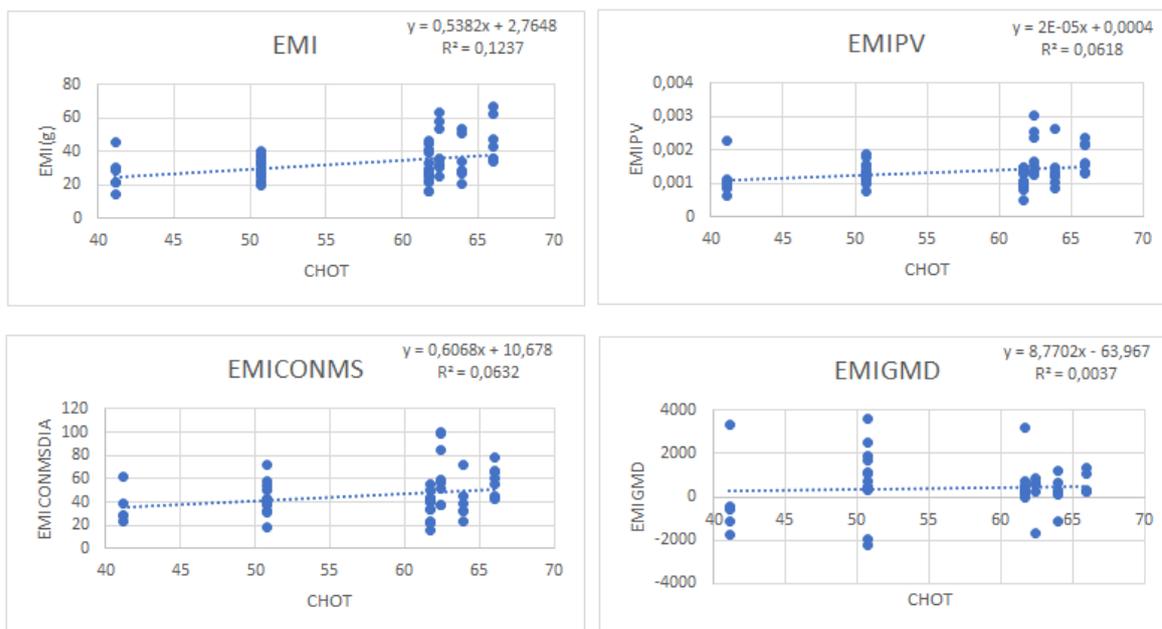


Figura 6: Carboidratos totais (CHOT)(%MS) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).

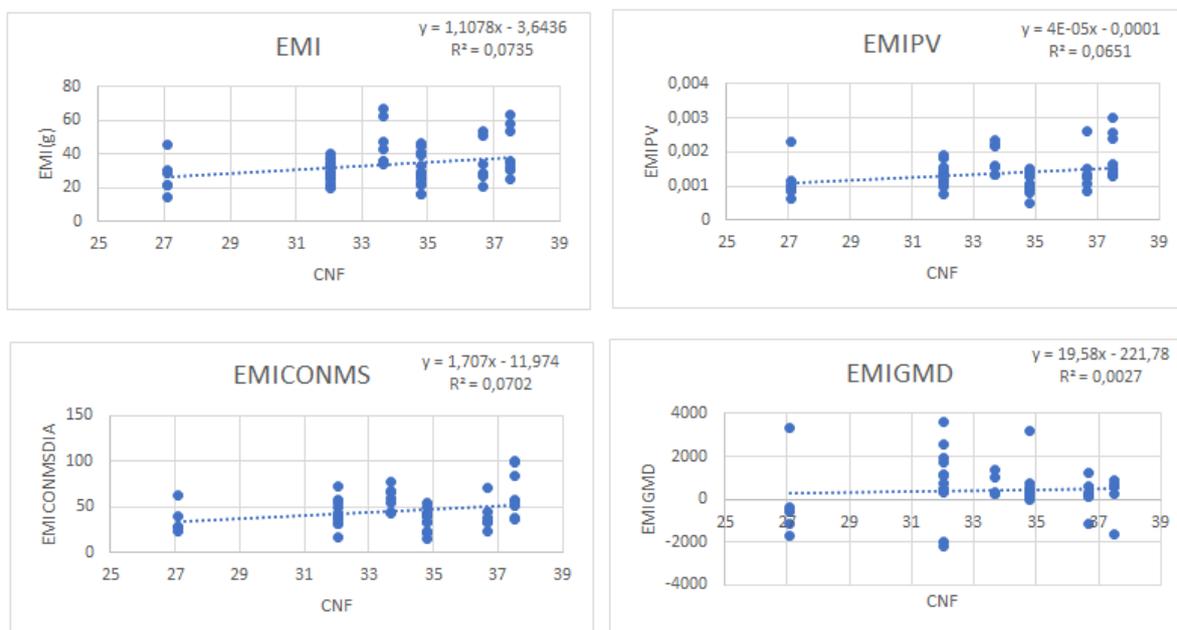


Figura 7: Carboidratos não fibrosos(CNF) (%MS) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).

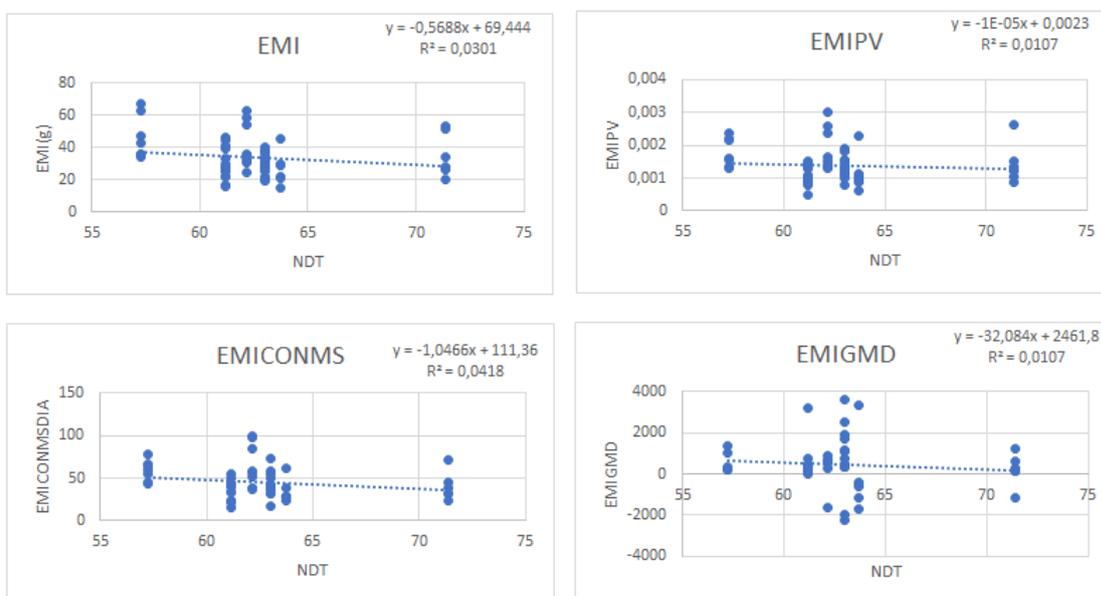


Figura 8: Nutrientes digestíveis totais (NDT)(%MS) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).

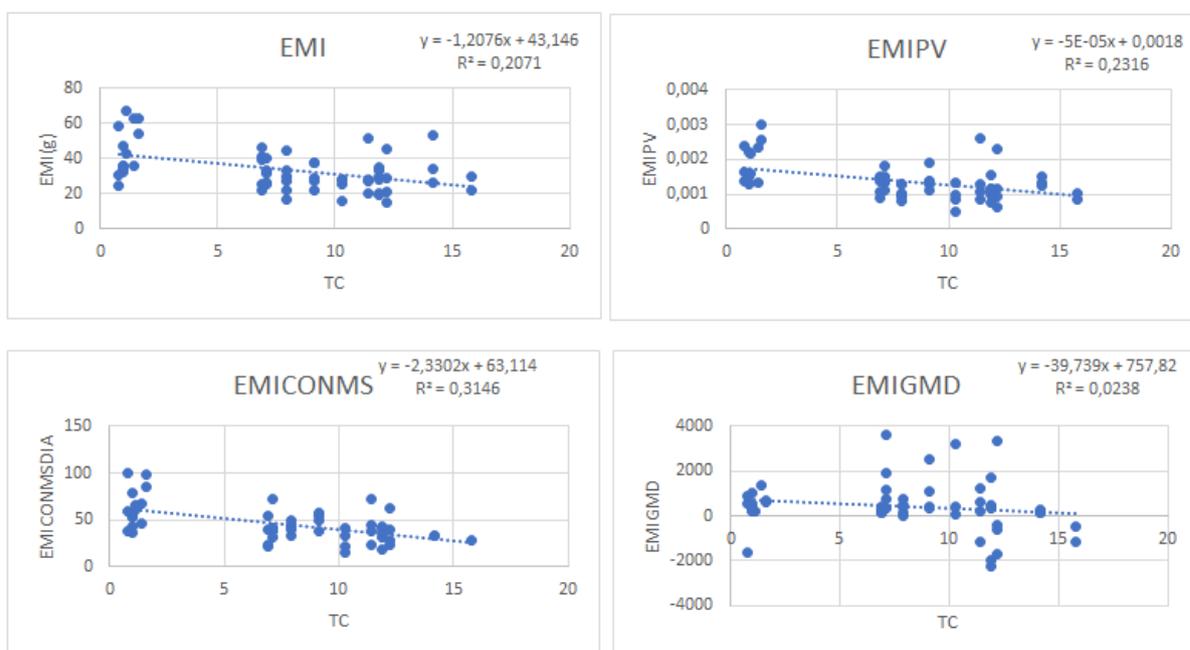


Figura 9: Taninos condensado totais (TC)(%MS) X Emissão de metano (g/animal dia); emissão por consumo de matéria seca dia(EMICONMSDIA)(g); emissão por peso vivo(EMIPV)(g/kg) e emissão pelo ganho médio diário (EMIGMD)(g/g).

CAPÍTULO IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo avaliar a emissão de metano por cordeiros em pastejo, consumindo capim Aruana (*Panicum maximum* cv. IZ-5) e feijão Guandu (*Cajanus cajan* cv. Anão) e a possível influência dos taninos condensados. Alguns trabalhos relatam a contribuição dos taninos na redução da emissão de metano. Porém, outros não observaram efeito dos taninos condensados sobre a redução das emissões de metano. Possivelmente, se os animais tivessem tido a oportunidade de ter acesso aos legumes e flores das plantas de leguminosas mais facilmente, controlando-se a altura das plantas, em no máximo, 1 metro, provavelmente teríamos um percentual maior de resposta; isto não ocorreu porque as plantas de feijão guandu atingiram alturas de mais de 2 metros dificultando o acesso aos mesmos. A estratégia utilizada pelos animais para consumir o dossel do feijão guandu não foi desenvolvida por todos os animais, apenas os maiores conseguiram baixar as plantas e consumi-las.

A nossa pesquisa gerou mais questionamentos sobre se será somente o tanino que interfere na emissão de metano? Ou será influenciada por uma associação de compostos fenólicos? Em qual proporção? Em quais condições ambientais e de solo? Mais pesquisas visando preencher essas lacunas de conhecimento são importantes pois informações mais precisas sobre o comportamento dos compostos químicos das pastagens sobre a emissão de metano contribuirá mais eficientemente para a redução de perdas ambientais e produtivas com o metano.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R. C. et al. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.
- ATHANASIADOU, S. et al. The effects of condensed tannins supplementation of foods with different protein content on Parasitism, food intake and performance of sheep infected with *Trichostrongylus colubriformis*. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 86, p. 697-706, 2001.
- BARNES, R. Dry matter herbage productivity and aspects of chemical composition in four forage shrub legumes at a subhumid site in Ghana. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 31, n. 3, p. 223-227, 1995.
- BARRY, T. N.; McNABB, W. C. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 81, n. 4, p. 263-272, 1999.
- BHATTA, R. et al. Effect of medicinal and aromatic plants on rumen fermentation, protozoa population and methanogenesis in vitro. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 97, n. 3, p. 446-456, 2012.
- BIANCHINI, D. Viabilidade de doze capins tropicais para criação de ovinos. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 56, p. 163-177, 1999.
- BODAS, R. et al. In vitro screening of the potential of numerous plant species as antimethanogenic feed additives for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 145, p. 245–258, 2008.
- BODAS, R. et al. Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 176, p. 78–93, 2012.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa**: informações gerais e valores preliminares. Brasília: MCT, 2009.
- BRAZACA, S. G. C. et al. Avaliação física, química, bioquímica e agrônômica de cultivares de feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L) Mill). **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 7, p. 37-45, 1996.
- BUENO, I.C.S. et al. *In vitro* methane production and tolerance to condensed tannins in five ruminant species. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 205, p. 1-9, 2015.
- BURGGRAAF, V. T. et al. Agronomic evaluation of white clover selected for increased floral condensed Tannin. In: THE NEW ZEALAND GRASSLAND

- ASSOCIATION, 65., 2003, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North: NZ Grassland Association, 2003. p. 139–145.
- CARVALHO, P.C.F. et al. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: PEDREIRA, C.G.S.E.; SILVA, S.C. (Ed.) **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 853-871.
- CASTILHOS, Z. M. S. et al. Produção arbórea e animal em sistema silvipastoril com acácia negra (*Acacia mearnsii*). **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo-PR, n. 60, nesp., p. 39-47, 2009.
- CECATO, U.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E.B. Frequências de corte, níveis e formas de aplicação de nitrogênio sobre as características da rebrota do capim-aruaana (*Panicum maximum* Jacq. cv. Aruana). **Revista Unimar**, Maringá, v. 16, p. 263-276, 1994.
- CHAMPION, R.A. et al. Temporal variation in grazing behaviour of sheep and the reliability of sampling periods. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 42, p. 99–108, 1994.
- CIESLAK, A. et al. Effects of tannins source (*Vaccinium vitis idaea* L.) on rumen microbial fermentation in vivo. **Animal Feed Sciences and Technology**, Amsterdam, v. 176, p. 102–106, 2012.
- CIESLAK, A. et al. Plant components with specific activities against rumen methanogens. **Animal**, Cambridge, v. 7, supl.2, p. 253–265, 2013.
- CLARK, H. Nutritional and host effects on methanogenesis in the grazing ruminant. **Animal**, Cambridge, v. 7, supl.1, p. 41–48, 2013.
- COLOZZA, M.T. Respostas de *Panicum maximum* cultivar Aruana a doses de nitrogênio. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 57, p. 21-32, 2000.
- CUNHA, E.A. et al. **Produção intensiva de ovinos**. Nova Odessa: IZ, 1999.
- DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N.; PRADO, M.R.M. Atividade antimicrobiana de *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 617-622, 2005.
- FAJARDO, N. M. et al. Effect of concentrate supplementation on performance and ingestive behaviour of lambs grazing tropical Aruana grass (*Panicum maximum*). **Animal Production Science**, Melbourne, v. 7, p. 1-8, 2015.
- FAO. **Livestock's long shadow**: environmental issues and options. Rome, 2006.
- GIGER-REVERDIN, S. Review of the main methods of cell wall estimation: interest and limits for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 55, n. 4, p. 295-334, 1995.

GOODWIN, T. W.; MERCER, E. I. **Introduction to plant biochemistry**. 2. ed. Aberystwyth: Pergamon Press, 1988. 677 p.

GRENET, E.; BESLE, J.M. Microbes and fiber degradation. In: JOUANY, J.P. **Rumen microbial metabolism and ruminant digestion**. Paris: INRA, 1991. p. 107-129.

GRESSLEY, T. F.; HALL, M. B.; ARMENTANO, L. E. Productivity, digestion, and health responses to hindgut acidosis in ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 4, p. 1120–1130, 2011.

HART, K.J. et al. Effect of sward dry matter digestibility on methane production, ruminal fermentation, and microbial populations of zero-grazed beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 87, p. 3342-3350, 2009.

HARTMANN, T. From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. **Phytochemistry**, London, v. 68, n. 22/24, p. 2831–2846, 2007.

HEGARTY, R.S. et al. Nutritional and flock management options to reduce methane output and methane per unit product from sheep enterprises. **Animal Production Science**, Melbourne, v. 50, p. 1026–1033, 2010.

HUNGATE, R. E.; SMITH, W.; BAUCHOP, T. Formate as an intermediate in the rumen fermentation. **Journal of Bacteriology**, Washington, v. 102, n. 2, p. 389–397, 1970.

JANSMAN, A. J. M. Tannins in feedstuffs for simple stomached animals. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 6, p. 209 -236, 1993.

JANSSEN, P. H.; KIRS, M. Structure of the archaeal community of the rumen. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 74, p. 3619–3625, 2008.

JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 2483–2492, 1995.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2011. 216 p.

LANDAU, S. et al. Short-term changes in eating patterns explain the effects of condensed tannins on feed intake in heifers. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 69, n. 3, p. 199-213, 2000.

LEAHY, S.C. et al. Genome sequencing of rumen bacteria and archaea and its application to methane mitigation strategies. **Animal**, Cambridge, v. 7, supl.2, p. 235–243, 2013.

- LIMA, M.A. Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 451-472, 2002.
- LIMA, M. A. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa**: relatórios de referência: emissões de metano da pecuária. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006.
- LIU, H. et al. Influence of chestnut tannins on welfare, carcass characteristics, meat quality, and lipid oxidation in rabbits under high ambient temperature. **Meat Science**, Oxford, v. 90, n. 1, p. 164-169, 2012.
- MATHERS, J.C.; WALTERS, D.E. Variation in methane production by sheep fed every two hours. **Journal of Agricultural Science**, London, v. 98, p. 633–638, 1982.
- McDOUGALL, G.J.; MORRISON, I. M.; STEWART, D. Plant fiber: chemistry and processing for industrial use. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 62, n. 1, p. 1-20, 1993.
- MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, 1997.
- MIN, B. R. et al. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 106, n. 1/4, p. 3-19, 2003.
- MONTEIRO, A. L. G. et al. Criação e terminação de cordeiros a pasto: implicações econômicas e qualidade do produto final. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE OVINOCULTURA, 5., 2009, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2009. p. 89-145.
- MORGAVI, D.P. et al. Rumen protozoa and methanogenesis: not a simple cause–effect relationship. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge v. 107, p. 388–397, 2012.
- NERES, M. A. et al. Características produtivas, estruturais e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Piatã e do feijão-guandu cv. Super N, em cultivo singular ou em associação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n. 5, p. 862-869, 2012.
- NOLAN, J.V. et al. Effects of dietary nitrate on fermentation, methane production and digesta kinetics in sheep. **Animal Production Science**, Melbourne, v. 50, p. 80–86, 2010.
- PARSONS, A. J.; ROWARTH, J. S.; RASMUSSEN, S. High-sugar grasses. **CAB Reviews Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, [S.l.], v. 6, n. 46, p. 1–12, 2011.

PATRA, A.K.; SAXENA, J. A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. **Phytochemistry**, London, v. 71, p. 1198–1222, 2010.

PAUL, K. et al. “Methanoplasmatales,” thermoplasmatales-related archaea in termite guts and other environments, are the seventh order of methanogens. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 78, p. 8245–8253, 2012.

PEDREIRA, S.M.; PRIMAVESI, O. Impacto da produção animal sobre o ambiente. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 497-511.

POLI, C.H.E.C. et al. Terminação de cordeiros em pastagem de verão para abate no outono. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília. **Anais...Viçosa**: SBZ, 2012.

RANILLA, M. J.; MORGAVI, D.P.; JOUANY, J.P. Effect of time after defaunation on methane production in vitro. **Reproduction Nutrition Development**, Paris, v. 44, p. S35–S36, 2004.

REED, J.D. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 1516-1528, 1995.

STEWART, C.S.; FLINT, H.J.; BRYANT, M.P. The rumen bacteria. In: HOBSON, P. N.; STEWART, C. S. (Ed.). **The rumen microbial ecosystem**. London: Blackie Academic and Professional, 1997. p. 10-72.

ST-PIERRE, B.; WRIGHT, A. D. G. Diversity of gut methanogen in herbivorous animals. **Animal**, Cambridge, v. 7, supl.1, p. 49–56, 2013.

TAN, H. Y. et al. Effects of condensed tannins from *Leucaena* on methane production, rumen fermentation and populations of methanogens and protozoa in vitro. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 169, p. 185–193, 2011.

TAVENDALE, M. H. et al. Methane production from in vitro rumen incubations with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa*, and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 123–124, p. 403–419, 2005.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Evaluating ruminant livestock efficiency projects and programs. In: **PEER review draft**. Washington, 2000. 48 p.

VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 26, p. 119-128, 1967.

VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. The use of detergents in analysis of fibrous feeds: IV. Determination of plant cell wall constituents. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 50, p. 50, 1967.

VARGAS JUNIOR, F.M. et al. Disponibilidade e valor nutritivo de gramíneas tropicais sob pastejo com ovinos. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 62, n. 238, p. 295-298, 2013.

VIEIRA, M. E. Q. et al. Porcentagens de saponinas e taninos em vinte e oito cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.) em duas épocas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1432-1438, 2001.

WAGHORN, G. C.; REID, C.S.W. Rumen motility in sheep and cattle given different diets. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 26, n. 3, p. 289–295, 1983.

WAGHORN, G. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production-progress and challenges. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 147, p. 116-139, 2008.

WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999, New York. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1999. p. 176-185.

WOODWARD, S. L. et al. Early indications that feeding Lotus will reduce methane emission from ruminants. In: NEW ZEALAND SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION, 61., 2001, Christchurch. **Proceedings...** Wellington: NZSAP, 2001. p. 23-26.

APÊNDICE

APÊNDICE 1. Normas utilizadas para redação dos capítulos II E III.



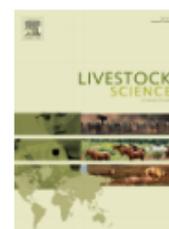
LIVESTOCK SCIENCE

An International Journal

AUTHOR INFORMATION PACK

TABLE OF CONTENTS

•	Description	p.1
•	Audience	p.1
•	Impact Factor	p.1
•	Abstracting and Indexing	p.2
•	Editorial Board	p.2
•	Guide for Authors	p.4



ISSN: 1871-1413

DESCRIPTION

Livestock Science promotes the sound development of the **livestock sector** by publishing original, peer-reviewed research and review articles covering all aspects of this broad field. The journal welcomes [submissions](#) on the avant-garde areas of **animal genetics, breeding, growth, reproduction, nutrition, physiology, and behaviour** in addition to **genetic resources, welfare, ethics, health, management and production systems**. The high-quality content of this journal reflects the truly international nature of this broad area of research.

Benefits to authors

We also provide many author benefits, such as free PDFs, a liberal copyright policy, special discounts on Elsevier publications and much more. Please click here for more information on our [author services](#).

Please see our [Guide for Authors](#) for information on article submission. If you require any further information or help, please visit our [Support Center](#)

AUDIENCE

Animal Scientists, Animal Breeders.

IMPACT FACTOR

2016: 1.377 © Clarivate Analytics Journal Citation Reports 2017

ABSTRACTING AND INDEXING

BIOSIS
 CAB Abstracts
 Current Contents Search
 SCISEARCH
 Agris
 AGRICOLA
 BioBusiness
 BIOBASE
 UnCover
 FSTA (Food Science and Technology Abstracts)
 Inside Conferences
 Foodline: Food Science and Technology
 Global Health
 CSA Database
 Scopus
 EBSCOhost
 Science Citation Index Expanded
 Web of Science

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

J.E. Hermansen, Aarhus Universitet, Foulum, Denmark

Honorary Editor-in-Chief

J.G. Boyazoglu, Menton, France

Section Editors

Genetics, Animal Genetic Resources and Breeding

J.B.S. Ferraz, Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, Sp, Brazil

L. Fontanesi, University of Bologna, Bologna, Italy

F. Goyache, SERIDA (Deva), Gijon, Spain

J. Windig, Livestock Research Wageningen UR, Wageningen, Netherlands

Ruminant Nutrition

K-H. Südekum, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn, Germany

M.R. Weisbjerg, Aarhus Universitet, Tjele, Denmark

G. Zervas, Athens, Greece

Non-Ruminant Nutrition

L.I. Chiba, Auburn University, Auburn, AL, USA

J.E. Lindberg, Sveriges Lantbruks Universitet (SLU), Uppsala, Sweden

E.G. Manzanilla, Autonomous University of Barcelona, Bellaterra, Spain

Behaviour, Health and Welfare

D. Maes, Universiteit Gent, Merelbeke, Belgium

J. Malmkvist, Tjele, Denmark

S. Waiblinger, University of Veterinary Medicine Vienna, Vienna, Austria

Livestock Farming Systems and Management

K. Galanopoulos, Democritus University of Thrace, Orestiada, Greece

Physiology

E. Albrecht, Leibniz Institute for Farm Animal Biology (FBN), Dummerstorf, Germany

I. Louveau, INRA, Saint-Gilles, France

Reproduction Physiology

M-A. Driancourt, Astek Consult, Chateaufeuf sur Sarthe, France

P. Humblot, Sveriges Lantbruks Universitet (SLU), Uppsala, Sweden

Editorial Advisory Board

J. Balcells, Universitat de Lleida, Lleida, Spain
P. Bosi, Università di Bologna, Bologna, Italy
J. Cañon, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Spain
I. Curik, University of Zagreb, Zagreb, Croatia
A. De Vries, University of Florida, Gainesville, FL, USA
M'N. Djemali, United Arab Emirates (UAE) University, Al-Ein, United Arab Emirates
M. Dominguez, New York University (NYU) School of Medicine, San Juan, Puerto Rico
M.A. Elzo, University of Florida, Gainesville, FL, USA
J.C.P. Ferreira, University of Sao Paulo State (UNESP), Botucatu/SP, Brazil
L. Fiems, Institute for Agricultural & Fisheries Research (ILVO), Melle, Belgium
A. Gibon, INRA Centre de Toulouse, Castanet#Tolosan, France
F. Gondret, INRA Centre de Rennes, Saint Gilles, France
A.J. Heinrichs, Pennsylvania State University, University Park, PA, USA
J-F. Hocquette, INRA de Clermont-Ferrand/Theix, Saint-Genès-Champanelle, France
P. Huhtanen, Sveriges Lantbruks Universitet (SLU), Uppsala, Sweden
F. Infascelli, University of Naples Federico II, Naples, Italy
L. Istasse, Université de Liège, Liege, Belgium
M. Kaps, University of Zagreb, Zagreb, Croatia
A.G. Kongsted, Aarhus Universitet, Tjele, Denmark
A.R. Kristensen, Københavns Universitet, Frederiksberg, Denmark
T. Kristensen, Aarhus Universitet, Tjele, Denmark
P. Lund, Aarhus Universitet, Tjele, Denmark
N. Lundeheim, Sveriges Lantbruks Universitet (SLU), Uppsala, Sweden
N.P.P. Macciotta, University of Sassari, Sassari, Italy
M. MacNeil, U.S. Department of Agriculture (USDA), Miles City, MT, USA
J.N.B Marchant-Forde, West Lafayette, Indiana, USA
J.I. McNitt, Southern University Agricultural Research and Extension Center, Baton Rouge, LA, USA
Q. Meng, China Agricultural University, Beijing, P.R. China
R. Mosenthin, Universität Hohenheim, Stuttgart, Germany
J. Sanders, Texas A&M University, College Station, TX, USA
V. Santé-Lhoutellier, INRA, Qualité des Produits Animaux, Saint Genès Champanelle, France
A.L. Schaefer, Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC), Lacombe, AB, Canada
A.A. Sosnicki, PIC North America, Hendersonville, TN, USA
D. Spiers, University of Missouri, Columbia, MO, USA
D.M. Weary, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada
W. Weiss, Ohio State University, Wooster, OH, USA

GUIDE FOR AUTHORS

INTRODUCTION

Types of article

1. Original Research Articles (Regular Papers)
2. Review Articles
3. Short Communications
4. Position Papers
5. Technical Notes
6. Book Reviews

Original Research Articles should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form. They should not occupy more than 12 Journal pages.

Review Articles should cover subjects falling within the scope of the journal which are of active current interest. Reviews will often be invited, but submitted reviews will also be considered for publication. All reviews will be subject to the same peer review process as applies for original papers. They should not occupy more than 12 Journal pages.

A *Short Communication* is a concise but complete description of a limited investigation, which will not be included in a later paper. Short Communications may be submitted to the journal as such, or may result from a request to condense a regular paper, during the peer review process. They should not occupy more than 5 journal pages (approximately 10 manuscript pages) including figures, tables and references.

Position Papers are informative and thought-provoking articles on key issues, often dealing with matters of public concern. These will usually be invited, but a submitted paper may also be considered for publication. They should not occupy more than 12 Journal pages.

A *Technical Note* is a report on a new method, technique or procedure falling within the scope of *Livestock Science*. It may involve a new algorithm, computer program (e.g. for statistical analysis or for simulation), or testing method for example. The Technical Note should be used for information that cannot adequately be incorporated into an Original Research Article, but that is of sufficient value to be brought to the attention of the readers of *Livestock Science*. The note should describe the nature of the new method, technique or procedure and clarify how it differs from those currently in use if cannot be incorporated. They should not occupy more than 5 Journal pages.

Book Reviews will be included in the journal on a range of relevant books which are not more than two years old.

Contact details for submission

For queries concerning the submission process or journal procedures please visit the [Elsevier Support Center](#). Authors can check the status of their manuscript within the review procedure using Elsevier Editorial System.

Page charges

This journal has no page charges.

Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include keywords
 - All figures (include relevant captions)
 - All tables (including titles, description, footnotes)
 - Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
 - Indicate clearly if color should be used for any figures in print
- Graphical Abstracts / Highlights files* (where applicable)
Supplemental files (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

For further information, visit our [Support Center](#).

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

Please see our information pages on [Ethics in publishing](#) and [Ethical guidelines for journal publication](#).

Human and animal rights

If the work involves the use of human subjects, the author should ensure that the work described has been carried out in accordance with [The Code of Ethics of the World Medical Association](#) (Declaration of Helsinki) for experiments involving humans; [Uniform Requirements for manuscripts submitted to Biomedical journals](#). Authors should include a statement in the manuscript that informed consent was obtained for experimentation with human subjects. The privacy rights of human subjects must always be observed.

All animal experiments should comply with the [ARRIVE guidelines](#) and should be carried out in accordance with the U.K. Animals (Scientific Procedures) Act, 1986 and associated guidelines, [EU Directive 2010/63/EU for animal experiments](#), or the National Institutes of Health guide for the care and use of Laboratory animals (NIH Publications No. 8023, revised 1978) and the authors should clearly indicate in the manuscript that such guidelines have been followed.

Unnecessary cruelty in animal experimentation is not acceptable to the Editors of *Livestock Science*.

Declaration of interest

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential conflicts of interest include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors must disclose any interests in two places: 1. A summary declaration of interest statement in the title page file (if double-blind) or the manuscript file (if single-blind). If there are no interests to declare then please state this: 'Declarations of interest: none'. This summary statement will be ultimately published if the article is accepted. 2. Detailed disclosures as part of a separate Declaration of Interest form, which forms part of the journal's official records. It is important for potential interests to be declared in both places and that the information matches. [More information](#).

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' section of our ethics policy for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service [Crossref Similarity Check](#).

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Article transfer service

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your article will be reviewed again by the new journal. [More information.](#)

Material in unpublished letters and manuscripts is also protected and must not be published unless permission has been obtained.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see [more information](#) on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. [Permission](#) of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has [preprinted forms](#) for use by authors in these cases.

For open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' ([more information](#)). Permitted third party reuse of open access articles is determined by the author's choice of [user license](#).

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. [More information.](#)

Elsevier supports responsible sharing

Find out how you can [share your research](#) published in Elsevier journals.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some funding bodies will reimburse the author for the Open Access Publication Fee. Details of [existing agreements](#) are available online.

After acceptance, open access papers will be published under a noncommercial license. For authors requiring a commercial CC BY license, you can apply after your manuscript is accepted for publication.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our [universal access programs](#).
- No open access publication fee payable by authors.

Open access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse.
- An open access publication fee is payable by authors or on their behalf, e.g. by their research funder or institution.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following [Creative Commons user licenses](#):

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The open access publication fee for this journal is **USD 3000**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <https://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Green open access

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our [green open access page](#) for further information. Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form. [Find out more](#).

This journal has an embargo period of 12 months.

Elsevier Researcher Academy

[Researcher Academy](#) is a free e-learning platform designed to support early and mid-career researchers throughout their research journey. The "Learn" environment at Researcher Academy offers several interactive modules, webinars, downloadable guides and resources to guide you through the process of writing for research and going through peer review. Feel free to use these free resources to improve your submission and navigate the publication process with ease.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the [English Language Editing service](#) available from Elsevier's WebShop.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Submit your article

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/livsci/>

Referees

Please submit the names and institutional e-mail addresses of several potential referees. For more details, visit our [Support site](#). Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

PREPARATION

Peer review

This journal operates a single blind review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. [More information on types of peer review.](#)

Article structure

Manuscripts should have numbered lines, with wide margins and double spacing throughout, i.e. also for abstracts, footnotes and references. Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc., should be numbered. However, in the text no reference should be made to page numbers; if necessary, one may refer to sections. Avoid excessive usage of italics to emphasise part of the text.

Manuscripts in general should be organised in the following order:

- Title should be clear, descriptive and not too long
- Abstract
- Keywords (indexing terms)
- Introduction
- Material studied, area descriptions, methods, techniques
- Results
- Discussion
- Conclusion
- Acknowledgment and any additional information concerning research grants, and so on
- References
- Figure captions
- Figures (separate file(s))
- Tables (separate file(s))

Pdf-files for text and tables cannot be used for production purposes. You are kindly requested to upload the text pages and references as a word processor file (Word, Wordperfect, Open Office, rtf). Line numbers are mandatory for the text file. The tables can be part of this file or can be uploaded as one or more separate files. Tables can also be uploaded as separate spreadsheet files. Line numbers are not needed on pages with tables or figures.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

The abstract should not be longer than 400 words.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view [Example Graphical Abstracts](#) on our information site.

Authors can make use of Elsevier's [Illustration Services](#) to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). You can view [example Highlights](#) on our information site.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult [IUB: Biochemical Nomenclature and Related Documents](#) for further information.

Authors and Editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*.

All biotica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Equations should be numbered serially at the right-hand side in parentheses. In general only equations explicitly referred to in the text need be numbered.

The use of fractional powers instead of root signs is recommended. Powers of e are often more conveniently denoted by \exp .

Levels of statistical significance which can be mentioned without further explanation are * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ and *** $P < 0.001$.

In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g. Ca^{2+} , not as Ca^{++} .

Isotope numbers should precede the symbols, e.g. ^{18}O .

The repeated writing of chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound should be given in full. Exceptions may be made in the case of a very long name occurring very frequently or in the case of a compound being described as the end product of a gravimetric determination (e.g. phosphate as P_2O_5).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed [guide on electronic artwork](#) is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. [Further information on the preparation of electronic artwork.](#)

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support [Citation Style Language styles](#), such as [Mendeley](#) and [Zotero](#), as well as [EndNote](#). Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide.

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/livestock-science>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown ...'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr, W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Reference to a website:

Cancer Research UK, 1975. Cancer statistics reports for the UK. <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> (accessed 13 March 2003).

Reference to a dataset:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. *Mendeley Data*, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r1>.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the [List of Title Word Abbreviations](#).

Video

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the file in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB per file, 1 GB in total. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including [ScienceDirect](#). Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our [video instruction pages](#). Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. [More information and examples are available](#). Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Data visualization

Include interactive data visualizations in your publication and let your readers interact and engage more closely with your research. Follow the instructions [here](#) to find out about available data visualization options and how to include them with your article.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

Research data

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the [research data](#) page.

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the [database linking page](#).

For [supported data repositories](#) a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Mendeley Data

This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. Before submitting your article, you can deposit the relevant datasets to *Mendeley Data*. Please include the DOI of the deposited dataset(s) in your main manuscript file. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online.

For more information, visit the [Mendeley Data for journals page](#).

Data statement

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the [Data Statement page](#).

AFTER ACCEPTANCE

Online proof correction

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author will, at no cost, receive a customized [Share Link](#) providing 50 days free access to the final published version of the article on [ScienceDirect](#). The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's [Webshop](#). Corresponding authors who have published their article open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

AUTHOR INQUIRIES

Visit the [Elsevier Support Center](#) to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch.

You can also [check the status of your submitted article](#) or find out [when your accepted article will be published](#).

© Copyright 2018 Elsevier | <https://www.elsevier.com>

VITA

Neuza Maria Fajardo, filha de Francisco Diamantino Fajardo e Mercedes Dapper Fajardo, nascida em 05 de julho de 1959, em Porto Alegre – RS. Estudou, em Porto Alegre, no Grupo Escolar “3 de outubro” e no Colégio Estadual Padre Reus onde completou o 1º grau e no Colégio Nossa Senhora das Dores, cursou o segundo grau. Cursou licenciatura curta na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) tornando-se habilitada para lecionar de 5º série a 8º série, as disciplinas de ciências físicas e biológicas e matemática. Em 2002 ingressou na Faculdade de Agronomia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Formou-se em Agronomia em 2009. No período de dezembro de 2010 a janeiro de 2013 exerceu o cargo de Engenheira Agrônoma na Universidade Federal do Pampa – Campus Dom Pedrito. Cursou Especialização em produção animal – Ruminantes, na Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), no período de 2011 a 2012 com a orientação da Professora Gladis Ferreira Corrêa. Iniciou o Mestrado em Zootecnia em abril de 2012, com orientação do Prof. Cesar Henrique Espírito Candal Poli e coorientação da Dr. Gláucia Azevedo do Amaral. Em março de 2014 obteve o título de Mestre em Zootecnia – Produção e Nutrição de Pequenos Ruminantes com ênfase em ovinos. Em abril de 2014 ingressou no curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), na área de concentração Produção, Manejo e Nutrição de Pequenos Ruminantes, com bolsa CAPES com a orientação do Prof. Cesar Henrique Espírito Candal Poli e coorientação do Prof. Paulo César de Fácchio Carvalho. Submetida à banca examinadora de defesa de tese em março de 2018.