UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

AMANDA MOSER COELHO DA FONSECA FARO

CONSUMO DE FORRAGEM E EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGENS

CURITIBA

2017

AMANDA MOSER COELHO DA FONSECA FARO

CONSUMO DE FORRAGEM E EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGENS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientadora: Profa. Dra. Alda Lúcia Gomes Monteiro.
Co-orientadores: Dr. Alexandre Berndt; Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri; Prof. Dr. Anibal de Moraes; Prof. Dr. Claudio José Araújo da Silva; Prof. Dr. Jonatas Thiago Piva; Prof. Dr. Henrique Mendonça Nunes Ribeiro Filho.

CURITIBA
2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE BIBLIOTECAS/UFPR -
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, DOUGLAS ALEX JANKOSKI CRB 9/1167
COM OS DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

F237c

Faro, Amanda Moser Coelho da Fonseca
Consumo de forragem e emissão de metano entérico em sistemas de produção de cordeiros em pastagens / Amanda Moser Coelho da Fonseca Faro. - Curitiba, 2017.
121 f.: il., grafs.,tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - (Produção Vegetal).
Orientadora: Alda Lúcia Gomes Monteiro
Coorientador: Alexandre Berndt

1. Cordeiros - Terminação. 2. Nutrição animal - Cordeiro - Crescimento. 3. Cordeiro - Desempenho. 4. Efeito estufa - Metano. I. Monteiro, Alda Lúcia Gomes. II. Berndt, Alexandre. III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.

CDU 636.32/.38

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Programa de Pós-Graduação AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL)

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **AMANDA MOSER COELHO DA FONSECA FARO** intitulada: **"CONSUMO DE FORRAGEM E EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGENS"**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 20 de Outubro de 2017.

ALDA LUCIA GOMES MONTEIRO
Presidente da Banca Examinadora

ANA CLAUDIA RUGGIERI
Avaliador Externo

CLÁUDIO JOSÉ ARAÚJO DA SILVA
Avaliador Externo

HENRIQUE MENDONÇA NUNES RIBEIRO FILHO
Avaliador Externo

ANIBAL DE MORAES
Avaliador Interno

DEDICATÓRIA

Sei que viveste muito tempo junto a nós;

Sei que foste meu eterno Porto Seguro.

Em nome do meu amor infinito por ti e seu por mim, que tudo sempre fez para me auxiliar nesta vida, dedico-te esta Tese, Ermelina Moser Coelho da Fonseca (*in memoriam*), minha amada avó.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a ti Senhor, DEUS, em nome de JESUS CRISTO pela oportunidade de chegar até aqui em meus estudos.

Agradeço a minha família, em especial, a minha mãe, Regina Rosa Moser Coelho da Fonseca, companheira de vida, que muito me apoiou e lutou, acudiu nos momentos mais difíceis e sempre me levantou, para que eu pudesse percorrer esse longo caminho até chegar ao Doutoramento. Obrigada pelo seu amor e dedicação.

Ao meu marido André de Mattos Faro, meu grande amor, companheiro de vida, agradeço-te todo apoio e paciência nestes anos de Doutorado, que exigiram muito de nós, do nosso relacionamento, da nossa vida. Sou grata pelo seu amor e pelo melhor presente de todos, o nosso filho Vitor Coelho da Fonseca de Mattos Faro, o maior amor do mundo; com ele, tudo tem mais brilho e significado.

Agradeço à minha orientadora, Alda Lúcia Gomes Monteiro, pelo apoio sempre presente, além de tantos conhecimentos que me proporcionou, por me mostrar o real significado da palavra orientador. Obrigada pelo voto de confiança e amizade; te serei eternamente grata.

Ao Prof. Dr. Anibal de Moraes, meu co-orientador, por acaso do destino, pois me oportunizaste o ingresso neste programa de Pós Graduação e te serei sempre grata.

Ao meu amigo e co-orientador, Prof. Dr. Claudio José Araújo da Silva, te agradeço por ter me acompanhado nessa jornada na UFPR. Te admiro muito como pessoa e profissional.

Ao Prof. Dr. Henrique M. N. Ribeiro Filho, por todos ensinamentos, pelo acolhimento em Lages e me fazer sentir parte do teu grupo de orientados e não tenho palavras para agradecer toda a sua ajuda. Bem como, aos professores Cristiano Steffens e Marcelo Moreira.

A Prof. Dra. Ana Claudia Ruggieri e Dr. Alexandre Berndt que abriram suas portas para nós, sem vocês eu não teria conseguido realizar este trabalho. Obrigada pela confiança sem precedentes.

Ao Prof. Dr. Jonatas Thiago Piva que também sem me conhecer me orientou desde o projeto para me candidatar ao programa de Pós Graduação, tens minha admiração.

Ao colega e amigo Leonardo Deiss agradeço-te toda solicitude e amparo nos momento finais desta trajetória .

A toda equipe do LAPOC que sem a nossa união e força de vontade e trabalho não seria possível realizar os experimentos que planejamos. Aqui preciso agradecer os funcionários Sérgio, Seu Vitor, Seu Lazinho, e todos os outros que acompanharam as nossas lidas no setor. Também a todos estagiários e pós graduandos que me acompanharam nos experimentos de campo e laboratório. Muita força de vontade foi necessária para que tudo se realizasse. Quantas noites mal dormidas e horas extras fiz com a Thailine, João, Aline, Geisa, Maria Angela, Fernando Hentz, Odilei e Fernanda no experimento de metano. No experimento de solos com a equipe maior Ana Carolina , Laura, Milena, Rafael, Elísio, Anderson, André, Thales, Breno, Fernanda, Julia, Isa ..e todos estagiários que estiveram nessa fase...desculpem se esqueci de alguém.

Agradeço também a Lucimara uma pessoa muito querida e especial quase sempre me salvando ... e a Maria Emília uma das pessoas mais doces que conheço sempre arranjando um espacinho do laboratório para todo mundo.

Agradeço aos pós graduandos de outras instituições que foram parceiros de angústias comigo e que muito me ajudaram: Fernando Alari e Naomi (Jaboticabal), Leandro (EMBRAPA), Daniel e João Gabriel (Lages), Willian e Jean Savian (UFRGS).

Agradeço a UFPR e IFC por terem nos concedido a oportunidade de realizar este DINTER em conjunto com a CAPES.

Finalmente, agradeço por ter conhecido os meus colegas do DINTER, pois formamos uma grande rede de amizade intercampi no IFC, diga-se de passagem, amizade verdadeira que já fez valer o programa de doutorado.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Amanda Moser Coelho da Fonseca Faro, filha de Ivan Sérgio Afonso e Regina Rosa Moser Coelho da Fonseca, nascida em 26 de maio de 1978, na cidade de São Paulo –SP. Atualmente casada com André de Mattos Faro e mãe de Vitor da Coelho da Fonseca de Mattos Faro.

Em 1997 ingressou na graduação de Medicina Veterinária na Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", FCAV- UNESP campus Jaboticabal concluindo-a no ano de 2002. Naquele mesmo ano trabalhou em parceria com o SEBRAE no Programa Nosso Leite voltado para agricultura familiar do Estado de São Paulo , bem como, trabalhou para o entreposto de laticínio Croclone.

Em 2003 mudou para o Estado de Santa Catarina onde iniciou a carreira como coordenadora técnica da equipe de grandes animais da empresa Agrosul Catarinense permanecendo neste cargo até o final do ano de 2006. No inicio de 2007 mudou-se para Curitiba –PR e foi promovida para coordenara técnica Nacional da linha de aditivos para fábrica de Rações da empresa Sheep do Brasil (Organnact), onde permaneceu até o ano de 2008.

Em 2008 ingressou como aluna de mestrado no programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias a UFPR sob orientação do Prof. Dr. João Ricardo Dittrich e defendeu em março de 2010 a dissertação intitulada: "Comportamento alimentar de equinos em diferentes manejos alimentares" recebendo o título de Mestre.

No ano de 2009 ingressou no corpo docente do curso de Medicina Veterinária da Universidade Regional de Blumenau – FURB, ministrando disciplinas na área de Zootecnia até o ano de 2012. Ainda em 2010 foi aprovada em concurso publico para o cargo de Professora do Ensino Técnico, Básico e Tecnológico (EBTT) pelo Instituto Federal Catarinense (IFC), onde entrou em exercício em março de 2012 no campus Videira-SC.

Em 2013 ingressou como aluna de Doutorado no programa de Pós Graduação em Agronomia – Produção Vegetal da UFPR em convênio DINTER com o IFC, sob orientação da Profa. Dra. Alda Lúcia Gomes Monteiro. Em 2014 removeu-se para o

campus Camboriu para o exercício da docência ministrando as aulas de Nutrição e Alimentação Animal e coordenando os setores de Forragicultura e Gado de Corte até o presente momento.

Em 20 de outubro de 2017 submeter-se-á a sessão pública de exame de Tese para obtenção de grau de Doutor em Ciências, com área de concentração em Produção Vegetal.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o consumo de matéria seca, a composição da dieta e suas relações com o desempenho animal e a emissão de metano entérico em dois sistemas de produção de cordeiros em pastagens, os quais resultaram em maior produtividade e rentabilidade nas pesquisas conduzidas pelo Laboratório de Produção e Pesquisa em Ovinos e Caprinos (LAPOC) da UFPR, Paraná, Brasil. Os sistemas produtivos foram avaliados em dois experimentos: o primeiro experimento foi realizado no município de Reserva – PR, com pastagens de *Cynodon spp* sobressemeada com *Lolium multiflorum*; o segundo experimento ocorreu no município de Pinhais – PR , em pastagens mistas de *Cynodon spp* e *Paspalum spp*. Os seguintes sistemas de produção foram valiados: (1) cordeiros desmamados aos 55 dias e suplementados no pós-desmame com concentrado a 2% do peso corporal (PC) em matéria seca (MS) por dia até o abate e (2) cordeiros terminados sem desmame e sem suplementação, até o abate. O ambiente pastoril, de ambos os experimentos, foi caracterizado mediante avaliações da altura da pastagem, biomassa total (BT), massa de forragem (MF), massa de lâminas foliares (MLF), massa de colmos+bainhas (C+B), massa de inflorescências (INF), relação folha:colmo (RFC), e sua composição botânica. O método de utilização da pastagem foi o contínuo com carga variável, com oferta de forragem de 12 kg de MS.100 kg^{-1} de PC.dia^{-1}. Animais foram avaliados periodicamente quanto ao ganho médio diário (GMD) e peso corporal (PC). As avaliações de consumo, em ambos os experimentos, foram realizadas em duas etapas, pela técnica de n-alcanos, cujo marcador externo foi o C_{32}, e o marcador interno escolhido foi o C_{31}. Ainda, a composição da dieta e a análise química dos nutrientes foram realizadas a partir da coleta de forragem pela técnica de simulação de pastejo. No segundo experimento, a coleta de metano entérico foi realizada pela técnica do traçador SF_6. Utilizou-se para análise dos dados, os modelos mistos, tendo como fatores aleatórios o período de avaliação e os sistemas pastoris. Os cordeiros desmamados e suplementados consumiram menos forragem, mas tiveram maior desempenho individual do que os cordeiros sem desmame e sem suplementação. No primeiro experimento, a composição da dieta dos cordeiros foi predominantemente de folhas de Tifton 85, independente das estratégias de desmame ou de suplementação ($P>0,05$) e o consumo destas folhas aumentou em ambos os sistemas ($P<0,01$) no decorrer do tempo, devido às modificações fenológicas da pastagem. No segundo experimento, os cordeiros desmamados e suplementados tiveram maiores emissões diárias de metano tanto em g.dia^{-1} como em g.ha.dia^{-1} e g.kg IMS^{-1}. Contudo, as emissões de CH_4 expressas em kg.GMD^{-1} foram inferiores para os cordeiros desmamados e suplementados. Portanto, os sistemas de produção de cordeiros influenciaram o consumo de matéria seca da pastagem e de matéria seca total, mas não afetaram o padrão de seleção de forragem. Ambos os sistemas promovem baixas emissões de metano entérico 13,4±0,8 g.dia^{-1} (desmamados e suplementados) e 5,9±0,2 g.dia^{-1} (sem desmame e sem suplementação), mas o maior consumo de alimentos favoreceu o desempenho individual e a produtividade dos cordeiros do sistema com desmame e suplementação. Desta forma, conclui-se que o desmame precoce dos cordeiros recebendo suplementação concentrada a 2% PC pós desmame mostrou-se a estratégia mais eficiente para otimizar o desempenho de cordeiros em pastagens, e, consequentemente reduzir a emissão de CH_4 por kg de GMD.

Palavras-chave: sistemas de terminação de cordeiros; ovinos; ingestão de forragem; gases de efeito estufa; aquecimento global.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate forage intake and the emission of enteric methane in two lamb production systems in pastures, which resulted in previous higher productivity and profitability, by the Sheep and Goat Production and Research Center (LAPOC- UFPR), Paraná, Brazil. The systems of production were evaluated in two experiments: the first experiment was carried out in Reserva – PR, Brazil, in *Cynodon* spp , overseeded with *Lolium multiflorum* ; the second experiment took place in Pinhais - PR, Brazil, in mixed pasture of *Cynodon* spp and *Paspalum* spp. Both experiments evaluated the following production systems: (1) weaned (55 days old) and supplemented lambs in post-weaning with concentrate supplement at 2% of body weight (BW) in dry matter (DM) per day until slaughter and (2) lambs finished without weaning and without supplementation until slaughter. The pasture environment of both experiments was characterized by pasture height, total biomass (TB), forage mass (FM), leaf blade mass (LBM), stems + sheaths mass (SS), inflorescences mass (INF), leaf:stem ratio (LSR) and its botanical composition. The grazing method was continuous with put and take stocking, with forage supply of 12 kg of DM.100 kg^{-1} of BW.day^{-1}. Animals were periodically evaluated for average daily gain (ADG) and body weight (BW). Intake estimations were carried out in two steps by the n-alkane technique, with C_{32} as the external marker, and C_{31} as the internal marker. Also, diet composition and chemical analysis of the nutrients were performed from the forage harvest by simulated grazing technique. In the second experiment, enteric methane measurement was performed using the SF_6 tracer technique. Mixed models were used for data analysis, taking as random factors the evaluation period and the pasture systems. Weaned and supplemented lambs consumed less forage and presented higher individual performance than lambs without weaning and without supplementation. In the first experiment, the diet composition of lambs was predominantly Tifton 85 leaves, independent of weaning or supplementation strategies ($P > 0.05$), and the intake of these leaves increased in both systems over time due to the phenological changes of the pasture ($P < 0.01$). In the second experiment, weaned and supplemented lambs showed higher daily methane emissions g.day^{-1} and g.ha.day^{-1}-, as well as emissions by DM intake. However, CH_4 emissions expressed in kg.ADG^{-1} were lower in weaned and supplemented lambs. Therefore, lamb production systems influenced pasture dry matter intake e a total????, but not influenced the pattern of forage selectio. Both systems have low methane enteric emissions 13,4±0,8 g.day^{-1} (weaned and supplemented) and 5,9±0,2 g.day^{-1} (without weaned and without supplemented), but higher feed intake favored the productivity of weaned and supplemented lambs. Therefore, when considering the early weaning with supplementation at 2% BW emission was the best production system to optimized lambs performance and reduces enteric methane emissions per unit of final product.

Key words: lamb termination systems; sheep; forage intake; greenhouse gases; global warming.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS DIFERENTES MANEIRAS DE MANIPULAÇÃO RUMINAL PARA MITIGAR A PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO..... 26
FIGURA 2. REBANHOS DE OVINOS, CAPRINOS E BOVINOS, EM MILHÕES DE ANIMAIS, BRASILEIROS E MUNDIAL, SEGUNDO FAOSTAT (2014).....29
FIGURA 3. CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL NA FAZENDA TANGARÁ EM RESERVA – PR , ANO 2012..... 50
FIGURA 4. MASSA DE FORRAGEM VERDE EM KG.MS.HA^{-1} DA PASTAGEM DE VERÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS, NA FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS –PR..... 84

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. EMISSÕES DE METANO ENTÉRICO GLOBAL E BRASILEIRA DE OVINOS, CAPRINOS E BOVINOS..... 29
TABELA 2. MASSA E CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DA PASTAGEM, NOS MOMENTOS DE AVALIAÇÃO DE CONSUMO DE FORRAGEM, NOS DIFERENTES SISTEMAS DE TERMINAÇÃO DE CORDEIROS, NA FAZENDA TANGARÁ, RESERVA –PR..... 56
TABELA 3. CONSUMO DE MASSA (MS) DE FORRAGEM E MS TOTAL* NOS DIFERENTES SISTEMAS DE TERMINAÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGENS, NA FAZENDA TANGARÁ, RESERVA –PR..... 57
TABELA 4. DESEMPENHO ANIMAL INDIVIDUAL E POR ÁREA NOS DIFERENTES SISTEMAS DE TERMINAÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGENS, NA FAZENDA TANGARÁ, RESERVA –PR..... 60
TABELA 6. CONSUMO DE CORDEIROS EM $G.KG^{-1}$ DE MS DOS COMPONENTES BOTÂNICOS E MORFOLÓGICOS NOS DIFERENTES SISTEMAS DE TERMINAÇÃO EM PASTAGENS, EM DOIS PERÍODOS (SETEMBRO E NOVEMBRO) DO ANO DE 2012, NA FAZENDA TANGARÁ, RESERVA – PR..... **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
TABELA 7. BIOMASSA TOTAL, MASSA DE FORRAGEM E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA PASTAGEM DE VERÃO NOS DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS, FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS –PR..... 82
TABELA 8. COMPOSIÇÃO BOTÂNICA DA PASTAGEM DE VERÃO NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS, FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS-PR..... 84
TABELA 9. DESEMPENHO ANIMAL INDIVIDUAL E POR ÁREA NOS DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGEM DE VERÃO, FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS –PR..... 86
TABELA 10. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA PASTAGEM DE VERÃO COLHIDA POR SIMULAÇÃO DE PASTEJO NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS, FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS-PR..... 87

TABELA 11. CONSUMO DE MATÉRIA SECA, NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGENS DE VERÃO, FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS-PR.....
TABELA 12. EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO, NOS SISTEMAS DE PRODUÇ DE CORDEIROS EM PASTAGENS DE VERÃO, FAZENDA CANGUIRI,PINHA PR.....86

ABREVIATURAS

BT	Biomassa Total
CA	Carga Animal
Ca	Cálcio
C+B	Colmo + Bainha
CMS	Consumo de Matéria Seca
CDS	Cordeiros Desmamados e Suplementados
CSDSS	Cordeiros Sem Desmame e Sem Suplementação
CH_4	Metano
CO_2	Gás Carbônico
EB	Energia Bruta
EE	Extrato Etéreo
EM	Energia Metabolizável
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENN	Extrativo Não Nitrogenado
EPM	Erro padrão da média
EQ	Equivalente
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
g	Gramas
GEE	Gases de Efeito Estufa
Gg	Gigagramas
GMD	Ganho Médio Diário
Gt	Gigatonnes
Ha	Hectare
IMS	Ingestão de Matéria Seca
INF	Inflorescência
Kg	Quilogramas
LAPOC	Laboratório de Produção e Pesquisa em Ovinos e Caprinos
LF	Lâmina Foliar
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MF	Massa de Forragem
MLF	Massa de Lâminas Foliares
MM	Matéria Mineral
MS	Matéria Seca
NDT	Nutrientes Digestíveis Totais
N_2O	Óxido Nitroso
NRC	National Research Council
OF	Oferta de Forragem
P	Fósforo
P1	Período 1
P2	Período 2
PB	Proteína Bruta

PC	Peso Corporal
PPM	Parte por Milhão
RFC	Relação Folha:Colmo
Tg	Tetragramas
UFPR	Universidade Federal do Paraná

SÍMBOLOS

® Marca registrada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL 20
2 REVISÃO DE LITERATURA 23
2.1 INTRODUÇÃO 23
2.2 DIGESTÃO FERMENTATIVA E METANOGÊNESE 25
2.3 EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO EM OVINOS 28
2.4 CONSUMO DE MATÉRIA SECA E EMISSÃO ENTÉRICA 32
2.5 MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO 35
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 38
2.7 REFERÊNCIAS 38
3 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGENS E SUAS RELAÇÕES COM CONSUMO DE FORRAGEM E DESEMPENHO ANIMAL 47
3.1 RESUMO 47
3.2 ABSTRACT 48
3.3 INTRODUÇÃO 49
3.4 MATERIAL E MÉTODOS 50
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 56
3.6 CONCLUSÕES 65
3.7 REFERÊNCIAS 66
4 EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGENS NO SUL DO BRASIL 72
4.1 RESUMO 72
4.2 ABSTRACT 73
4.3 INTRODUÇÃO 74
4.4 MATERIAL E MÉTODOS 76
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 82
4.6 CONCLUSÕES 94
4.7 REFERÊNCIAS 95
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 103
6 REFERÊNCIAS GERAIS 105
7 ANEXO 1 121

1 INTRODUÇÃO GERAL

A ovinocultura brasileira está em evidência, devido ao perceptivo aumento da demanda de produtos ovinos pela população, elevado preços pagos pela carne de cordeiros, e à possibilidade de exploração desta atividade em ambientes diversificados. Os modelos de produção variam em seu nível de intensificação desde estratégias de produção extensivas nos campos nativos até os modelos intensivos, com maior emprego de tecnologia e insumos.

A produção de cordeiros em pastagens é predominante no Brasil e, por isso, busca-se sistemas de produção mais eficientes, com índices produtivos satisfatórios, economicamente viáveis e ambientalmente corretos. Neste sentido, a terminação de cordeiros, que compreende a fase final da produção na qual são visados o ganho de peso e acabamento das carcaças para maior rendimento ao abate, em sistemas pastoris, possibilita produção com baixo investimento inicial e que pode resultar em boa lucratividade.

Com este foco, o Laboratório de Produção e Pesquisa em Ovinos e Caprinos (LAPOC), da Universidade Federal do Paraná (UFPR), desenvolveu pesquisas ao longo de aproximadamente 14 anos a respeito de diferentes sistemas de terminação de cordeiros em diferentes espécies de pastagem. Foram estudados vários modelos, com e sem a prática de desmame precoce, e com ou sem fornecimento de suplementação concentrada, entre outros. A partir destes estudos, dois sistemas apresentaram melhores índices zootécnicos e de rentabilidade, inclusive após avaliações realizadas em propriedades rurais do Estado do Paraná. Estes sistemas foram: desmame precoce dos cordeiros (ao redor de 45 a 60 dias) e oferta de suplementação concentrada à 2% do peso corporal (PC) no período pós desmame até o abate; e cordeiros terminados sem desmame e sem suplementação concentrada, nem aos cordeiros nem às ovelhas, ambos em pastagens. Os resultados promissores de desempenho e produtividade sempre foram obtidos com ofertas de MS verde de 12% PC, ou seja, 3 a 4 vezes o potencial de consumo dos animais, proporcionando assim intensidade de pastejo moderado. Os experimentos mostraram que, nos dois casos, os fatores que certamente influenciaram os resultados foram a suplementação concentrada para cordeiros desmamados precocemente, no primeiro

caso, e a adequada oferta de forragem às ovelhas lactantes e aos cordeiros, no segundo.

O consumo de forragem é o principal fator determinante do desempenho de animais em pastejo, sendo influenciado por fatores que se relacionam ao animal, à pastagem, ao ambiente e as interações com seu meio (CARVALHO et al., 2007). Frequentemente, a eficiência de conversão da forragem ingerida em produto animal aumenta progressivamente quando o consumo por animal aumenta. A eficiência de utilização da forragem, por outro lado, aumenta quando o consumo por unidade de área aumenta (CARVALHO et al , 2001).

Globalmente, a produção de pequenos ruminantes é responsável por 429 milhões de toneladas de CO_2 eq.ano^{-1}, das quais 254 milhões (59%) são associadas à produção de ovinos e 174 (41%) estão associados à produção de caprinos (OPIO et al., 2013). Devido a relevância das emissões de gases de efeito estufa (GEE) pelos ovinos, especialmente em países com grandes rebanhos, e os possíveis impactos ambientais dessa emissão, objetivou-se neste estudo avaliar as emissões de metano entérico nos sistemas de produção de cordeiros em pastagens, com a utilização ou não da estratégia de desmame e suplementação, bem como, as suas inter-relações com o consumo de forragem. Para isso, dois experimentos em diferentes estações do ano e diferentes regiões do Estado do Paraná, compõem os artigos desta tese. As pastagens eram compostas de espécies forrageiras diferentes com dinâmicas vegetativas próprias e inerentes à época do ano, bem como, às condições edafo-climáticas de cada região.

A hipótese principal é de que o fornecimento de suplementação concentrada para cordeiros desmamados e a presença da ovelha em sistema de produção de cordeiros sem desmame e sem suplementação promovem padrões de consumo de forragem distintos, e consequentemente diferentes emissões de metano entérico.

A tese é composta em quatro capítulos, que se dividem da seguinte forma: O capítulo 1 corresponde a apresentação geral do trabalho. No segundo capítulo, elaborou-se uma revisão de literatura sobre emissão de GEE oriunda dos ruminantes, com o propósito de relatar o conhecimento atual sobre a emissão de metano entérico produzido pelos ruminantes, com ênfase nas emissões dos ovinos, preferencialmente em sistemas pastoris. Ainda, compreender as diversas inter-relações do consumo de alimentos e do desempenho dos ovinos com as emissões de metano entérico.

O terceiro capítulo intitulado "Consumo de forragem, composição da dieta e desempenho de cordeiros em sistemas de produção em pastagens" visou obter conhecimentos sobre o consumo de forragem nos dois sistemas de produção de cordeiros. Também trouxe maior entendimento de como as relações de consumo impactam no desempenho dos cordeiros terminados em diferentes sistemas produtivos, ambos em pastagens de Tifton-85 sobressemeadas de azevém anual.

O quarto capítulo intilulado " Emissão de metano entérico em sistemas de produção de cordeiros em pastagens no Sul do Brasil" teve o intuito de trazer informações sobre a emissão de metano entérico obtida nos sistemas de terminação de cordeiros, com ou sem o desmame e a suplementação concentrada. Com isso, buscou-se conhecer as relações de consumo de MS e desempenho com a emissão de metano entérico nos sistemas de terminação de cordeiros para produção de carne.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade de sistemas agropecuários de produção depende, entre outros fatores, da manutenção da boa qualidade do meio ambiente. Mudanças climáticas, efeito estufa ou aquecimento global são termos relativos a um mesmo problema, bastante atual, que são frutos de alteração do equilíbrio desse meio ambiente. Uma série de modificações climáticas como o aquecimento dos oceanos e da superfície do solo, alterações nos índices pluviométricos, o aumento da intensidade e da frequência de eventos referentes ao fenômeno "El Niño" tem sido registradas nos últimos anos. As consequências dessas alterações podem afetar desde o ciclo reprodutivo natural de plantas e animais, a migração de determinadas espécies de aves e até mesmo a extinção de diversas espécies, afetando de maneira significativa a biodiversidade do planeta (IPCC, 2002).

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) estão diretamente relacionadas com esta temática, pois as mudanças climáticas estão mais rápidas agora do que nos últimos 1000 anos. De acordo com o Intergovernamental Painel sobre Mudanças Climáticas, nos próximos 90 anos o aquecimento global poderá atingir elevações médias entre 1,7°C e 4,8°C (IPCC, 2014).

A contribuição dos gases no efeito estufa depende basicamente de dois fatores: sua concentração na atmosfera e seu poder de aquecimento molecular, sendo que o elemento utilizado como referência é o dióxido de carbono (CO_2) por ser o gás de efeito estufa mais abundante na atmosfera e de maior contribuição no aquecimento global, representado pela sigla "CO_2- eq" (IPCC, 1997). Entre os GEE, estabeleceu-se que o CO_2 possui um potencial de aquecimento global igual a um, o metano (CH_4) tem esse potencial aumentado em 23 vezes e o oxido nitroso (N_2O) aproximadamente 298 vezes em relação ao CO_2, em função das características moleculares e do tempo de permanência na atmosfera (IPCC, 2007).

O material orgânico e inorgânico fornecido como insumo para produção de sistemas agrícolas geralmente é degradado por processos bacterianos, liberando

quantidades significativas de CO_2, CH_4 e N_2O para a atmosfera. Somente as emissões agrícolas de origem "não-CO_2" são relatadas como emissões antropogênicas de GEE. No entanto, o CO_2 emitido é considerado neutro, sendo associado a ciclos anuais de fixação de carbono e oxidação através da fotossíntese.

As emissões de GEE no setor agropecuário são representadas principalmente pela fermentação entérica de animais de produção, manejo de dejetos, cultivo do arroz, queimadas de resíduos provenientes da agricultura e manejo de solos para produção agrícola. A agricultura e pecuária são responsáveis por cerca de 20 % da emissão global de GEE de origem antropogênica e estima-se que esses percentuais aumentem de acordo com o crescimento populacional. Em adição, o desmatamento de florestas produz aproximadamente 17% da emissão global, e em somatório com o setor agrícola, são responsáveis por um terço das emissões de GEE mundiais (IPCC, 2007).

Estima-se que as emissões totais de ruminantes entre 1995 a 2005 foram entre 5,6 e 7,5 Gt CO_2 eq.ano^{-1} (HERRERO et al., 2016). As principais fontes de emissões foram o CH_4 entérico com 1.6-2.7 Gt CO_2 eq.ano^{-1} e as emissões de N_2O associadas à produção de ração e mudanças do uso da terra 1.3-2.0 GtCO_2 eq.ano^{-1} (GERBER et al. , 2013).

De acordo com o MCTI (2014) o setor agropecuário brasileiro passou a ser responsável, em 2012, por 37% das emissões em CO_2-.eq, o que representa aumento percentual de 17% em relação aos dados publicados em 2005, no inventário nacional (MCT, 2010). Neste contexto, a criação de ruminantes é responsável por grande parte da emissão do metano proveniente de atividades agrícolas, devido a sua digestão fermentativa ruminal. Os principais processos causadores do aumento da emissão de gases, no setor pecuário são: o metano emitido pela fermentação entérica dos ruminantes, o óxido nitroso emitido pelos dejetos dos animais em pastejo e o dióxido de carbono trocado entre solo e vegetação (BERCHIELLI et al., 2012).

Muitos fatores influenciam a produção de CH_4 entérico dos ruminantes, entre outros: o sistema digestório do animal, o tipo de carboidrato fermentado, a quantidade e o tipo de alimentos consumidos pelos ruminantes. Portanto, compreender a relação da dieta com a produção de metano é essencial para reduzir as incertezas nos inventários sobre emissão de gases do efeito estufa (GEE) e para identificar estratégias viáveis de redução. Acredita-se que a redução da emissão de metano, por unidade de matéria seca consumida e por unidade de produto, está ligada a escolha

de forragens de alta qualidade, com alta concentração de carboidratos solúveis, e de forragens de ciclo fotossintético C3, contendo metabólitos secundários como taninos (LÁSCANO & CÁRDENAS, 2010).

Dessa forma, uma vez que a produção de metano varie de acordo com a quantidade e qualidade do alimento digerido, as várias modalidades e condições de sistemas de criação de animais domésticos implicam em diferentes quantidades emitidas de metano. As indicações para a redução das emissões desse gás pela pecuária estão ligadas ao manejo alimentar e estratégias nutricionais (PEDREIRA e PRIMAVESI, 2008).

Segundo Cottle et al. (2011), as indicações visando reduzir as emissões de metano nos sistemas de produção animal estão ligadas à melhoria da qualidade da dieta, ao adequado manejo de pastagens, à suplementação alimentar, ao aumento da capacidade produtiva dos animais e à outras medidas que reflitam na melhor eficiência produtiva e resultem em ciclos mais curtos de produção.

O propósito desta revisão é relatar o conhecimento atual sobre a emissão de metano entérico produzido pelos ruminantes, em especial pelos ovinos, abordando as diversas interfaces deste tema, em sistemas de produção em pastagens.

2.2 DIGESTÃO FERMENTATIVA E METANOGÊNESE

A fermentação em ruminantes é o resultado das atividades físicas e microbiológicas, que convertem os componentes dietéticos à ácidos graxos voláteis, proteína microbiana, vitaminas do complexo B e vitamina K, metano, entre outros metabólitos (OWENS & GOETSCH, 1993). As *Archaea* metanogênicas, responsáveis pela produção de CH_4, formam um grupo distinto de microrganismos, possuindo cofatores (coenzima M, F_{420}, F_{430}) e lipídeos (éteres de isopranil glicerol) únicos (McALLISTER et al.,1996). Ainda, de acordo com os autores citados, estes micro-organismos são especialmente importantes para o ecossistema ruminal, pois tem um papel na regulação de fermentação pela remoção das moléculas de H_2. Praticamente todo o metano é produzido pelas reações de redução de CO_2 acopladas ao fornecimento de elétrons pelo H_2. Desta forma, as bactérias metanogênicas

desempenham importante papel no equilíbrio bioquímico do rúmen ao utilizar o H_2 presente no meio, contribuindo para a regeneração de cofatores, como NAD^+, $NADP^+$ e FAD^+, levando a maior produção de ATP por unidade de hexose fermentada, favorecendo assim, a ação das bactérias celulolíticas (MARTIN et al. 2009). O ciclo de formação do metano pelas *Archaea* metanogênicas a partir do CO_2 envolve a captação de 4 moléculas de H_2 , conforme a equação descrita por Machado et al. (2011).

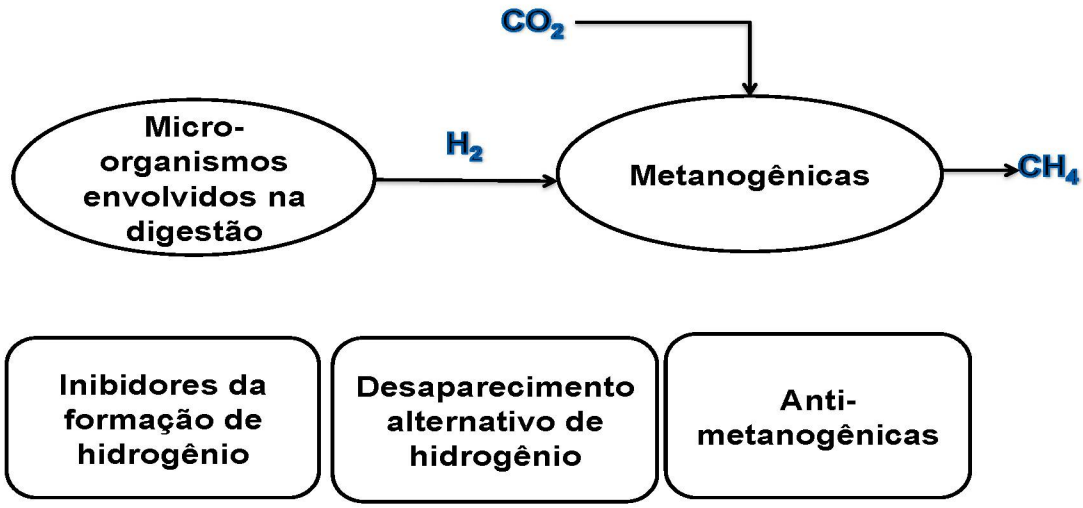
$$CO_2 + 4\ H_2 \rightarrow CH_4 + 2\ H_2O$$

Os substratos acetato, formato, metanol e metilamina podem ser utilizados para formação de metano (MOSS 1993; WOLLIN et al., 1997). A produção de acetato e butirato resulta em liberação líquida de hidrogênio e favorece a produção de metano, enquanto a formação de propionato é uma via competitiva para o uso de hidrogênio no rúmen (MARTIN et al., 2009), e portanto não favorece a produção do CH_4.

Os micro-organismos metanogênicos são os mais sensíveis a mudanças no ambiente ruminal e são afetados por muitos fatores inerentes a alimentação. Sendo importantes utilizadores de hidrogênio, o equilíbrio de sua população afeta o metabolismo ruminal e o balanço de carbono (VALADARES FILHO & PINA, 2011). Com isso, os ruminantes representam uma das poucas fontes produtoras de CH_4 que pode ser manipulada, pois a produção está relacionada ao tipo de animal, ao consumo e à digestibilidade de alimento (RIVERA et al., 2010).

Devido a necessidade da presença de H_2 para produção de metano, algumas estratégias, visando sua redução, estão relacionadas com desvios de rotas fermentativas para inibição da produção de H_2, como também, a utilização de drenos alternativos, ou ainda estratégias que diminuam a população de bactérias metanogênicas (FIGURA 1).

FIGURA 1. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS DIFERENTES MANEIRAS DE MANIPULAÇÃO RUMINAL PARA MITIGAR A PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO.



Fonte: Adaptado de Joblinn (1999) e Martin et al. (2009).

Além da questão ambiental, a produção de metano entérico representa perda de energia no processo fermentativo do alimento; essas perdas são relatadas pelo IPCC (2006) em bovinos de corte, bubalinos e ovinos em aproximadamente 6,5%, mas podem variar entre 4% e 18% da energia bruta do alimento ingerido, segundo Pedreira & Primavesi (2006) e entre 2% a 12%, de acordo com Johnson & Johnson (1995).

Em ovinos, autores relatam perdas de energia bruta (EB) de 7,3% para ovelhas em lactação e de 5,0% a 5,8% em borregos em crescimento, criados em sistemas de pastejo de azevém (SAVIAN et al., 2014) e em millheto (AMARAL et al., 2016), respectivamente.

As perdas de EB pela emissão de metano entérico podem variar conforme a composição das dietas, o nível de ingestão de forragem e a qualidade da mesma. Segundo Berchielli et al. (2012), o incremento na eficiência de utilização de energia mostra-se um potencial mitigador de metano, seja pelo fornecimento de dietas que possuem carboidratos rapidamente digestíveis em maior quantidade, pela manutenção de altos níveis de ingestão, ou pela utilização de forragens de melhor

qualidade. Esses elementos atuando em conjunto com o melhoramento genético dos animais, devem remeter ao maior desempenho produtivo.

Dessa forma, a maior eficiência produtiva revela-se a estratégia mais eficaz na redução na emissão de metano por unidade de produto (carne ou leite) pelos ruminantes (BERNDT & TOMKINS, 2013) e essa eficiência deve ser buscada especialmente nos sistemas de produção em pastagens.

2.3 EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO EM OVINOS

O setor pecuário de produção de pequenos ruminantes tem grande relevância no mundo, tanto economicamente quanto com relação ao impacto ambiental gerado, pois estima-se que os ovinos e os caprinos representem aproximadamente 57% da população mundial de ruminantes (FAOSTAT, 2014). A criação de pequenos ruminantes desempenha um papel socioeconômico crucial nos diferentes continentes, pois além de gerar aproximadamente 2,73 milhões de toneladas de carne (FAOSTAT, 2014), contribui para a gestão das paisagens e dos ecossistemas preservados, cooperando assim, com a conservação da biodiversidade e o fornecimento de produtos para nichos de mercado (MARINO et al., 2015). Por conseguinte, existe interesse em conhecer e melhorar o desempenho ambiental dos sistemas produtivos que envolvam esses animais.

Ovinos e caprinos contribuem com cerca de 6,5% das emissões entéricas mundiais, correspondendo a 429 milhões de toneladas de CO_2-eq, dos quais 59% são de responsabilidade dos ovinos e 41% dos caprinos, ainda 299 milhões de toneladas são alocados à produção de carne e 130 milhões de toneladas ao leite (OPIO et al, 2013), números superiores aos indicados pelo FAOSTAT (2014) (TABELA 1), demostrando dificuldade de realizar e compilar os dados em inventários. No Brasil, a fermentação entérica de bovinos de corte é a principal fonte, responsável por 75% das emissões de metano nacionais em 2012, de acordo com o Relatório de Estimativas Anuais de Gases de Efeito Estufa (MCTI, 2014). O rebanho bovino leiteiro segue na segunda posição, responsável por 12% das emissões de metano. O tamanho das populações de bovinos de corte e de leite em relação ao rebanho ovino, no Brasil (FIGURA 2), explica essa diferença nas emissões dos rebanhos (TABELA 1).

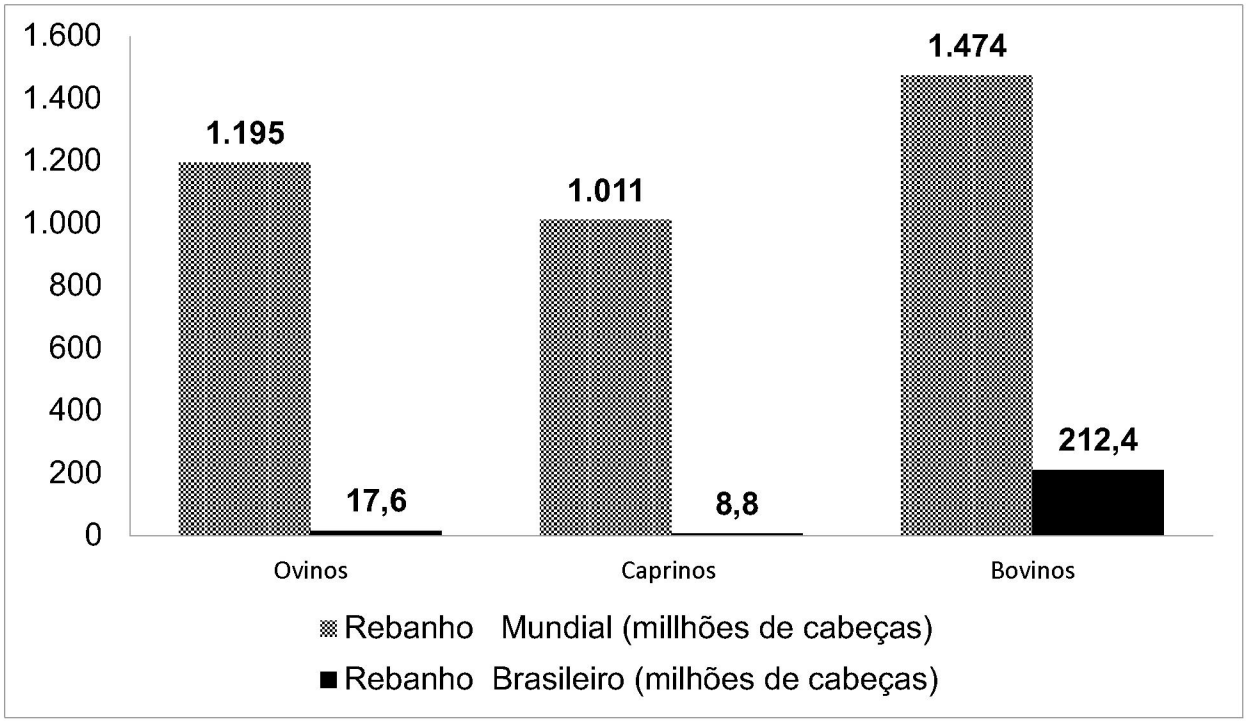
TABELA 1. EMISSÕES DE METANO ENTÉRICO GLOBAL E BRASILEIRA DE OVINOS, CAPRINOS E BOVINOS.

Variável/Espécie	Ovinos	Caprinos	Bovinos	Referências
Emissão Mundial Gg CH_4	6.766,1	5.033,9	72.493	FAOSTAT (2014)
Emissão Mundial Gg CO_2-eq	142.088	105.712,5	1.522.366	FAOSTAT (2014)
Emissão Brasileira Gg CH_4	353,4 *	353,4 *	11.876	MCTI (2014)**
	88,1	44,3	12.259	FAOSTAT (2014)
Emissão Brasileira Gg CO_2-eq	1.849	929,4	257.450	FAOSTAT (2014)
Emissão CH_4 em kg CO_2-eq.kg carne $^{-1}$	23,4	23,3	67,4	GERBER et al (2013)
	24,4	23,5	53,4	OPIO et al (2013)

*Dados de ovinos, caprinos, bubalinos, suínos e equídeos em conjunto.** Estimativas referentes ao ano de 2012.

As contribuições na emissão de CH_4 oriundo da fermentação entérica de pequenos ruminantes, bubalinos, suínos e equídeos correspondem a 3% das emissões totais (MTCI, 2014). Desta forma, a ovinocultura nacional devido ao tamanho do seu rebanho (FIGURA 2), apresenta menor expressividade nas emissões de metano entérico em território brasileiro. Vale ressaltar, que os animais criados em pastagens são responsáveis por 41% das emissões diretas de metano, e esta é considerada a maior contribuição dentro da categoria (MCTI, 2014).

FIGURA 2. REBANHOS DE OVINOS, CAPRINOS E BOVINOS, EM MILHÕES DE ANIMAIS, BRASILEIROS E MUNDIAL, SEGUNDO FAOSTAT (2014).



A contribuição para a produção global de carne de pequenos ruminantes é caracterizada por uma dicotomia entre as regiões; a produção mundial de cordeiros para carne é amplamente concentrada na Europa Ocidental e na Oceania, enquanto a produção de carne de caprinos ocorre em regiões em desenvolvimento. A intensidade de emissão para a carne de pequenos ruminantes é mais baixa na Oceania e na Europa Ocidental (principais produtores), devido a intensificação dos sistemas produtivos, e mais alta nas regiões em desenvolvimento (OPIO et al, 2013). Ainda , a emissão de pequenos ruminantes produtores de leite geralmente é maior, em especial, em regiões como o leste e sudeste Asiático e oriente e norte da África, devido às condições de criação e manejo, e à produção de subsistência (OPIO et al, 2013).

Estudos revelam que os ovinos apresentaram menor emissão (g CH_4.dia^{-1}) , variando para as diferentes categorias entre 12,2 e 41,7 g.dia^{-1} (PINARES-PATIÑO, 2003a e b; HAMMOND et al., 2011; HAMMOND et al 2013; SAVIAN et al., 2014); quando comparados aos bovinos de corte, entre 86 a 304 g.dia^{-1} (DERAMUS et al., 2003; MCGEOUGH et al., 2010). Da mesma forma, observa-se que pequenos ruminantes destinados à carne possuem menor potencial emissor em relação aos bovinos, quando avaliados em kg CO_2-e por kg de produto final (TABELA 1). Justifica-se esse fato devido à alta prolificidade de ovinos e caprinos, e ciclos mais curtos de

produção de cordeiros e cabritos (MARINO et al., 2015). Com isso, a ovinocultura de corte nacional pode contribuir efetivamente com a produção de alimentos de forma eficiente e sustentável, favorecendo assim os balanços de carbono dos sistemas produtivos. Em contrapartida, a "pegada de carbono" do leite proveniente dos pequenos ruminantes é superior ao do leite bovino, 6,5 kg CO_2-eq kg leite^{-1} contra 2,8 kg CO_2-eq.kg $^{-1}$ (OPIO et al, 2013), resultado este devido à alta produtividade da bovinocultura de leite comparativamente a de ovinos e caprinos.

As emissões de metano, em resposta à ingestão crescente de forragens frescas, podem diferir do que foi previamente estabelecido para as forragens secas, e alimentos à base de concentrado. HAMMOND et al. (2013) relataram emissão de 12 a 32 g CH_4.dia^{-1} para ovinos criados em pastagens de azevém perene e trevo branco, dependendo da oferta de forragem. Também obtiveram diferenças na emissão de CH_4 devido ao incremento na IMS, em torno de 187% (g CH_4.dia^{-1}) e, quando os resultados foram convertidos à emissão por quilograma MS ingerida, houve redução de 21% da emissão de metano. Neste mesmo estudo, a composição nutricional das forrageiras (plantas C3 e C4) não demonstrou influência na produção do gás. Entretanto, acredita-se que a redução da emissão de metano, por unidade de consumo de matéria seca e por unidade de produto, está ligada a escolha de forragens de alta qualidade, com alta concentração de carboidratos solúveis, e de forragens C3 contendo metabólitos secundários como taninos (LÁSCANO & CÁRDENAS, 2010). Resultados como estes remetem à necessidade de maior investigação da emissão de metano nos sistemas produtivos em pastagens, bem como, a influência de fatores como ingestão de matéria seca e qualidade da forragem.

Em conjunto com as pesquisas que avaliam influência nutricional na emissão de CH_4 entérico acontecem estudos preliminares na área de melhoramento genético em ovinos. Esses estudos foram conduzidos para observar a herdabilidade e a repetibilidade na emissão de metano entérico, em animais considerados de baixa e alta emissões. Os resultados encontrados foram de 0,30±0,26 para herdabilidade e 0,16±0,10 para repetibiidade, diferindo também em relação a dietas concentradas (17,8 g.kg IMS^{-1}, peletizadas) e a base de forragens (22,1 g.kg IMS^{-1}) (PIÑARES-PATINO, et al. 2011), levando a crer que este pode ser um caminho para atingir maiores potenciais de mitigação na criação de ovinos.

2.4 CONSUMO DE MATÉRIA SECA E EMISSÃO ENTÉRICA

O consumo voluntário de alimento pelo animal é o principal fator que afeta a eficiência com a qual os nutrientes ingeridos são utilizados. Quanto maior o consumo voluntário, maior será a produtividade dos animais e menores as exigências de nutrientes para cada unidade de produção animal (MERTENS, 2007). Em ruminantes, o consumo é resultado de uma combinação dinâmica entre o animal, fatores relativos ao tipo de alimento, mais especificamente a planta, no caso de animais mantidos exclusivamente em pastagens, e a digestão fermentativa ruminal.

Os mecanismos de ingestão de forragens e saciedade são controlados por duas vias fisiológicas principais: a primeira para satisfazer os requisitos nutricionais (FORBES, 1987) das distintas condições fisiológicas do animal, como, crescimento, reprodução, lactação e mantença (GORDON, 1995); a segunda via ocorre pelo preenchimento do trato digestório, influenciados diretamente pela taxa de passagem do alimento e pela capacidade gastrointestinal (LACA & DEMMENT, 1992).

Mediante esses pressupostos, MERTENS (1994) afirmou que a dieta de carboidratos fibrosos são os principais elementos que limitam a ingestão de forragem. Também que a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) se mostra o melhor preditor de ingestão voluntária por ruminantes. O mesmo autor sugeriu que a limitação por enchimento pode ser correlacionada ao nível de FDN de uma ração e propôs o valor médio de consumo de 1,2% do peso vivo em FDN como limite consumo regulado por mecanismos físicos. Além dos pressupostos de regulação do consumo de alimentos, com bases nutricionais, existem as influências não nutricionais, como termorregulação, socialização e vigilância (LACA & DEMMENT, 1992) e psicogênicas envolvendo respostas comportamentais a fatores que inibam ou estimulem a ingestão (MERTENS, 2007).

Contudo, nos ecossistemas de pastagens existem particularidades quanto ao processo ingestivo, cujos parâmetros e relações são tão ou mais importantes nas avaliações de consumo, do que mera quantificação da concentração dos nutrientes do alimento, ou dos processos que ocorrem no ambiente ruminal (CARVALHO et al., 2009). Desta forma, percebe-se que pesquisas sobre a ingestão de forragem em sistemas pastoris são complexas, e o consumo de forragem é fator preponderante

para alcançar altos índices de produtividade e eficiência.

Logo, para conhecer a produção de CH_4 e qual a influência da ingestão e composição da dieta sobre a mesma, é fundamental medir a ingestão de matéria seca e de seus componentes químicos (BERNDT & TOMKINS, 2013). Estudos mostraram uma relação clássica entre a ingestão diária de forragem e a emissão de CH_4: quando a ingestão de forragem aumenta, a emissão de CH_4 também aumenta, indicando relação positiva entre consumo de MS e emissão de metano entérico (KURIHARA et al., 1999; HAMMOND et al., 2013; SAVIAN et al., 2014; MOORBY et al., 2015; AMARAL et al., 2016; CHARMLEY et al., 2016; ZHAO et al., 2016). Também é fundamental compreender o papel dos componentes da dieta oferecida aos animais na emissão, especialmente no que diz respeito ao tipo de carboidrato, pois além de serem importantes para a produção de CH_4, são capazes de influenciar o pH e consequentemente alterar a microbiota ruminal (JOHNSON & JOHNSON, 1995).

Herbívoros exibem um padrão complexo de interações com o seu ambiente pastoril, tornando a relação planta-animal uma função de causa-consequência entre a estrutura do pasto e os padrões ingestivos. Carvalho (2013) afirmou que os herbívoros selecionam plantas e seus componentes morfológicos para otimizar a ingestão de nutrientes. Assim, o objetivo final seria alcançar o maior consumo possível de energia metabolizável (BOVAL & DIXON, 2012).

Como discutido por Hodgson et al. (1997), a produtividade animal não depende apenas da variação da produção de forragem, mas também de como o manejo do pastejo afeta a estrutura do pasto e, consequentemente, o consumo e o comportamento alimentar. O consumo de forragem por um animal em pastejo é resultado da forragem consumida em cada ação de pastejo (massa do bocado), da frequência com que os realiza (taxa de bocados) e do tempo em que passa se alimentando (tempo de pastejo) (CARVALHO et al., 2001).

Com isso, a seletividade do animal e os padrões de consumo estabelecidos em determinado sistema pastoril interferem diretamente nas emissões, pois a digestão da fibra da parede celular aumenta a produção de metano, devido à maior quantidade de acetato produzida, em relação ao propionato (JOHNSON & JOHNSON, 1995).

Com intuito de desenvolver fatores de emissão mais robustos em ovinos,

Muetzel & Clark (2015) realizaram quatro experimentos os quais mensuraram as emissões de ovinos adultos e jovens alimentados com pastagens de diferentes qualidades. Os resultados deste estudo (510 medidas de 115 animais) demonstraram que a IMS (kg.dia^{-1}) explicou 80% da variação na produção de CH_4 por animal (g.dia^{-1}) e se as emissões de CH_4 fossem estimadas usando uma única equação (2), a mesma seria:

pCH_4=0,792x IMS (kg. dia^{-1}) + 3,1 (2)

Porém, quando os resultados foram analisados como dois conjuntos separados de dados (<1 ano e> 1 ano) identificou-se que para animais menores de 1 ano de idade, a capacidade de predição foi melhorada, incluindo conteúdo de energia metabolizável (MJ.kg MS^{-1}) da dieta, além da IMS (EQUAÇÕES 3, 4).

- Ovinos maiores de 1 ano

pCH_4=(0,826 x IMS (kg. dia^{-1})) + 3,15 (3)

-Ovinos menores de 1 ano

pCH_4=(0,749 x IMS (kg. dia^{-1})) + (0,051x EM) +2,45 (4)

Onde pCH_4 = produção de metano; MS= Ingestão de matéria seca, EM= Energia metabolizável.

Portanto, as estimativas da digestibilidade e da ingestão da dieta podem ser usadas para identificar alterações sazonais correspondentes na produção de CH_4, de ruminantes manejados em pastagens. Desta forma, a emissão de metano entérico deve ser mensurada e integrada as aferições de ingestão de MS, valores energéticos e de qualidade da fibra na dieta para que se possa conhecer mais sobre potenciais mitigadores em sistemas de produção em pastagens (BERNDT & TOMKINS, 2013).

2.5 MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO

As pressões ambientais globais indicam ser a redução da emissão de CH_4 de origem pecuária, um dos principais fatores para nortear as pesquisas com a produção de ruminantes (MACHMÜLLER, 2006). Para isso, formas de mitigação das emissões de metano entérico têm sido estudadas. Segundo Marino et al. (2015), as estratégias

de mitigação podem ser classificadas em três categorias: (1) relacionadas à nutrição, como suplementação e manejo alimentar; (2) manipulação e controle de ambiente ruminal; (3) seleção animal e intensificação da produção.

A adição de suplementação concentrada na dieta de animais em pastejo promove redução da emissão de metano como proporção da energia ingerida ou expressa por unidade de produto animal (leite e/ou carne). A substituição de carboidratos fibrosos (celulose e hemicelulose) por carboidratos não fibrosos (amido e açúcares) resulta em modificações nas condições físico-químicas do rúmen e na população microbiana. O desenvolvimento de bactérias amilolíticas resulta em mudança na produção de AGVs, promovendo aumento da proporção de propionato e redução de acetato. Consequentemente, há queda na produção de metano devido à redução da disponibilidade de hidrogênio no rúmen (MACHADO et al, 2011). Com isso, em ruminantes criados em pastagens, a suplementação concentrada pode ser uma opção para mitigação de metano entérico e deve ser estudada.

Porém, vale ressaltar que, como mencionado pelo autor supracitado, a adição de alimentos concentrados energéticos em dietas de ruminantes visando à redução da emissão de metano é uma estratégia que apresenta limitações econômicas e ambientais. Isto porque, possíveis consequências metabólicas de dietas com elevado teor de carboidratos não fibrosos, como acidose ruminal, queda na porcentagem de gordura do leite e redução da vida produtiva dos animais devem ser levadas em consideração, bem como, a análise de ciclo de vida do alimento concentrado, ou seja, as emissões referentes a produção industrial do concentrado devem ser contabilizadas (OPIO et al, 2013).

Técnicas nutricionais como o uso de ionóforos, a presença de glicerol, tanino e saponinas nos alimentos, a inclusão de óleos e gorduras, o uso de vacinas e anticorpos policlonais têm sido estudados para manipular o rúmen e reduzir a emissão do gás (MOHAMMED et al., 2004). A manipulação do ecossistema ruminal é ferramenta bastante utilizada, visando melhorar a conversão alimentar e o desempenho dos animais; porém, muitos resultados ainda são controversos ou não se sustentam a longo prazo (PEDREIRA et al., 2005; MACHADO et al, 2011; BERCHIELLI et al, 2012).

Pensando nas várias possibilidades de melhorar a eficiência produtiva de sistemas como forma de diminuir o efeito da produção de metano, existem trabalhos

buscando unir essas técnicas de manipulação do rúmen, com o manejo de pastagens e com o melhoramento animal, podendo trazer maior eficiência ao sistema.

De acordo com HERRERO et al. (2016), melhorar os índices reprodutivos, a disponibilidade de alimentos e o ganho médio diário (GMD) têm como consequência a diminuição do ciclo produtivo e, portanto, são efetivos na redução das emissões de GEE. Ainda, os mesmos autores estimam que melhores práticas de manejo reduzirão as emissões de GEE em 0,2 Gt CO_2 eq.ano^{-1} até 2050. Em concordância, autores constataram que quando aplicadas, de forma adequada, as técnicas de manejo de pastagem, a produção foi intensificada e consequentemente houve decréscimo na emissão de CH_4 por quilograma de produto final (DERAMUS et al, 2003; SAVIAN et al, 2014, ANDRADE et al , 2016). Berndt & Tomkins (2013) enfatizam que as práticas de manejo nas propriedades rurais visando a mitigação, serão observadas nas emissões de kg GEE por kg de produto final (leite e/ou carne), e muito provavelmente não nas emissões individuais dos animais.

Nos sistemas pastoris, este potencial de mitigação pode ser alcançado principalmente por melhorias no manejo da pastagem. Esta estratégia está relacionada com a intensificação da produção e dentre as possíveis maneiras, tais como suplementação alimentar, implantação do sistema de manejo da pastagem intermitente e sistemas alternativos como a integração lavoura- pecuária e sistemas silvipastoris (BERCHIELLI et al., 2012).

No entanto, o verdadeiro desafio é encontrar estratégias que atendam a situações de animais mantidos em pastagens, e que estas sejam persistentes em seus efeitos. Independentemente do sistema de produção, dois desafios para atingir a mitigação são recorrentes. O primeiro está relacionado com a redução da intensidade de CH_4 por unidade de alimento ingerido ou por unidade de produto final, e para isso, exigirão a execução de um número integrado de estratégias. O segundo desafio refere-se à aplicação do primeiro, pois somente ocorrerá se a rentabilidade exceder os custos de implementação (BERNDT & TOMKINS, 2013). Portanto, a estratégia de mitigação mais bem sucedida deve possibilitar aumento rentável da produção de carne e/ou demais produtos pecuários, como também promover redução persistente da emissão de metano entérico (GRAINGER et al., 2010).

Outro ponto que deve ser considerado é o balanço entre a emissão de CO_2. eq. pelos animais e a absorção deste pelas forrageiras das pastagens. O potencial de

mitigação do sequestro de carbono do solo, em sistemas de pastagem, pode ser significativamente superior que as emissões de metano resultantes da fermentação entérica ou manejo de dejetos (BERCHIELLI et al., 2012; IPCC, 2014).

De acordo com Henderson et al. (2015) ajustes na pressão de pastejo, permitindo a maximização da produção de forragem, podem levar ao sequestro de 148,4 Tg de CO_2 por ano em pastagens mundialmente, indicando também que as emissões de animais podem ser totalmente compensadas pelos maiores ganhos de sequestro de carbono. Desta forma, quando analisadas emissões de CH_4 em experimentos com sistemas de produção em pastagem, fatores como intensidade de pastejo e sua distribuição espaço-temporal, sequestro de carbono da pastagem e o impacto da produção animal, alteram e aumentam a variabilidade dessas emissões (SAVIAN, et al., 2014).

Apesar de grande emissora, a pecuária mostra ter um grande potencial de sequestro de carbono, através de pastagens bem manejadas. A emissão nacional é um pouco maior que 1Mg CO_2 eq.ha^{-1}, enquanto o sequestro pode atingir 0,78Mg CO_2 eq.ha^{-1} (ZEN et al., 2008). Segundo Gerber et al. (2013) o sequestro de carbono das pastagens pode compensar significantemente as emissões de GEE, com estimativas globais de aproximadamente de 0,6 gigatonnes de CO_2 eq por ano. Assim, o investimento em pastagem poderia aumentar a eficiência produtiva animal e reduzir a quantidade de GEE emitidos por quilo de carne produzida, podendo chegar em balanços de carbono neutros ou até mesmo negativos.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reduzir a produção de metano entérico pode ser um benefício econômico direto, pois coincide com maior eficiência no uso da energia do alimento pelo animal e redução na produção de gases de efeito estufa. Portanto, considerando-se a importância dos ruminantes para economia mundial, incluindo a dos pequenos ruminantes - que possuem grande potencial mitigador devido a seu ciclo produtivo

curto e sua eficiência reprodutiva - é essencial estabelecer estratégias de aumento da produtividade em sistemas de produção animal, que procurem reduzir a emissão de gases do efeito estufa.

É importante ressaltar que sistemas produtivos em pastagens devem priorizar a redução da emissão por unidade de alimento ingerido e por unidade de produto final, bem como otimizar o sequestro de carbono pelo solo e componentes vegetais. Assim, a pecuária poderá atingir índices produtivos compatíveis com a necessidade de produção de alimentos visando o abastecimento da população mundial, sem causar impactos ambientais desfavoráveis.

2.7 REFERÊNCIAS

AMARAL, G. A.; DAVID, D.B.; GERE, J.I.; SAVIAN, J.V; KOHMANN, M.M.; NADIN, L.B.; SÁNCHEZ CHOPA, F.; BAYER, C.; CARVALHO, P.C.F. Methane emissions from sheep grazing pearl millet (Penissetum americanum (L.) Leeke) swards fertilized with increasing nitrogen levels. **Small Ruminant Research**, Amsterdan, v. 141, p. 118–123, 2016.

ANDRADE, E. A.; ALMEIDA, E. X.; RAUPP, G. T.; MIGUEL, M. F.; DE LIZ , D. M.; CARVALHO, P. C. F.; BAYER, C.; RIBEIRO-FILHO, H. M. N. Short communication: Herbage intake, methane emissions and animal performance of steers grazing dwarf elephant grass v. dwarf elephant grass and peanut pastures. **Animal,** p.1-5, 2016.

BEAUCHEMIN, K. A., M. KREUZER, F. O'MARA, AND T. A. MCALLISTER. Nutritional management for enteric methane abatement: A review. **Australian Journal Experimental Agriculture,** v. 48 p.21–27, 2008.

BERCHIELLI, T. T.; MESSANA, J. D.; CANESIN, R. C. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, n.4, p. 954-968, 2012.

BERNDT, A.; TOMKINS, N. W. Measurement and mitigation of methane emissions from beef cattle in tropical grazing systems: a perspective from Australia and Brazil. **Animal**, Cambridge, v. 7, n. 2, p. 363–372, 2013.

BOVAL, M.; DIXON, R. M. The importance of grasslands for animal production and other functions: a review on management and methodological progress in the tropics. **Animal,** Cambridge, v. 6, n. 5, p. 748–762, 2012.

CARVALHO, P. C. F. Harry Stobbs Memorial Lecture : Can grazing behavior support innovations in grassland management ? **Tropical Grasslands,** Brisbane, v. 1, p. 137–155, 2013.

CARVALHO, P.C.F.; TRINDADE, J.K.; MEZZALIRA, J.C. et al. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta-animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.38, p.109- 122, 2009 (supl. especial).

CERRI et. al. Brazilian greenhouse gas emissions: The importance of agriculture and livestock. **Scientiae Agricola.** Piracicaba:Brasil, November/December, v.66, n.6, p.831-843, 2009.

CHARMLEY, E.; WILLIANM, S.R.O.; MOATE, P.J.; HEGARTY, R.S.; HERD, R.M.; ODDY, V.H.; REYENGA, P.; SATAUNTON, K.M.; ANDRESON, A.; HANNAH, M.C. A universal equation to predict methane production of forage-fed cattle in Australia. **Animal Production Science**, Melbourne, v. 56, p. 169–180, 2016.

COTTLE, D. J.; NOLAN, J. V.; WIEDEMANN, S. G. Ruminant enteric methane mitigation: a review. **Animal Production Science**, Melbourne, v. 51, p. 491–514, 2011.

DERAMUS, H. A.; CLEMENT, T.C.; GIAMPOLA, D.D.; DICKISON, P.C. Methane emissions of beef cattle on forages: efficiency of grazing management systems. **Journal of environmental quality**, Madison, v. 32, p. 269–277, 2003.

FAOSTAT, **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2014.

Disponível em :http://faostat3fao.org/home/index.html. Acesso em : 29 de maio de 2017.

FORBES, J. M. **Voluntary food intake and reproduction.** The Proceedings of the Nutrition Society, Cambridge, v. 46, n. 2, p. 193–201, 1987.

GERBER, P.J., STEINFELD, H., HENDERSON, B., MOTTET, A., OPIO, C., DIJKMAN, J., FALCUCCI, A., TEMPIO, G. **Tackling Climate Change Through Livestock—A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities**. FAO, Rome, 2013.

GORDON, I. J. Animal-based techniques for grazing ecology research. **Small Ruminant Research,** Amsterdan, v. 16, p. 203–214, 1995.

GRAINGER, C.; WILLIAMS, R.; ECKARD, R. J.; HANNAH, M. C. A high dose of monensina does not reduce methane emissions of dairy cows o offered pasture supplemented with grain. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 5300-5308, 2010.

HAMMOND, K.J.; J.L., BURKE,; J.P., KOOLAARD; S., MUETZEL; C.S., PINARES-PATIÑO; G.C., WAGHORN. Effects of feed intake on enteric methane emissions from sheep fed fresh white clover (Trifolium repens) and perennial ryegrass (Lolium perenne) forages. **Animal Feed Science and Technology.** v. 179 p.121-132, 2013.

HAMMOND, K.J., S.O., HOSKIN, J.L., BURKE, G.C., WAGHORN, J.P., KOOLAARD, S., MUETZEL,. Effects of feeding fresh white clover (Trifolium repens) or perennial ryegrass (Lolium perenne) on enteric methane emissions from sheep. **Animal Feed Science Technology.** V. 166–167, p.398–404, 2011.

HERRERO, M. et al. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. **Nature Climate Change**, London, v.6, mayo, p. 452–461, 2016.

HODGSON, J.; COSGROVE, G.P.; WOODWARD, S.J.R. Research on foraging behaviour: progress and priorities. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18., Winnipeg. **Proceedings...** Winnipeg: IGC [1997]. CD- ROM, 1997.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change **Stabilization of atmospheric greenhouse gases: physical, biological and socio-economic implications.** Geneva, Switzerland, IPCC, p.61, 1997.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change **Climate change and biodiversity**. Geneva, Switzerland, IPCC, p.86, 2002.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Rome, 2006.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2007: the physical science basis**. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 2007.

IPCC. **Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Geneva, Switzerland, IPCC, p.104, 2007.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.

JOBLIN, K. N. Ruminal acetogens and their potential to lower ruminant methane emissions. **Australian Journal Agricultural Research**, 1999, v. 50, n. 8, p. 1321-1327.

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

LACA, E.A., DEMMENT, M.W. **Modelling intake of a grazing ruminant in a heterogeneous environment.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VEGETATION- HERBIVORE RELATIONSHIPS. Proceedings...Tochigi, p.57-76. 1992.

LASCANO, C. E.; CÁRDENAS, E. Alternatives for methane emission mitigation in livestock systems. **Revista Brasileira de Zootecnia,** 2010, v.39, p.175-182, (supl. Especial).

KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R. A.; McCRABB, G. J. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. **The British journal of nutrition**, Cambridge, v. 81, p. 227–234, 1999.

MACHADO, F.S.; PEREIRA, L. G. R.; GUIMARÃES JUNIOR, R; LOPEZ F. C. F; CHAVES, A.V.; CAMPOS, M.M.; MORENZ, M.J.F. **Emissões de metano na pecuária: conceitos métodos de avaliação e conceitos de mitigação**. Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite, 2011, 92p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/37077/1/Doc-147-Emissoes-metano.pdf . Acesso em: 23 de maio de 2017.

MACHMÜLLER, A. Medium-chain fatty acids and theeir potential to reduce methanogenesis in domestic ruminants. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.112, p.107-114, 2006.

MARINO, R.; ATZORI, A. S.; D`ANDREA, M.; IOVANE, G.; TRABALZA-MARINUCCI, M.; RINALDI, L. Climate change: Production performance, health issues, greenhouse gas emissions and mitigation strategies in sheep and goat farming. **Small Ruminant Research.** p.1-10, 2015.

MARTIN, C.; MORGAVI, D. P.; DOREAU, M. Methane mitigation in ruminants: from microbes to the farm scale. **Animal**, , v. 4, n. 3, p. 351- 365, 2009.

MC GEOUGH, E. J.; O`KIELY, P.; FOLEY, P. A.; HART, K. J.; BOLAND, T. M.; KENNY, D. A. Methane emissions, feed intake, and performance of finishing beef cattle offered maize silages harvested at 4 different stages of maturity. **Journal of Animal Science,** Champaign, v. 88, p. 1479–1491, 2010.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JUNIOR, G. C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, p.450-493, 1994.

MERTENS, D.R. Digestibility and intake. In: **Forages. The science of grassland agriculture**. BARNES, R.F.; NELSON, C.J.; MOORE, K.J.; COLLINS, M (ed.). 6a ed. Ames: Iowa. Blackwell Publishing Ltd, v. 2. p.487-507, 2007.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. **Relatório de referência para o Inventário nacional de emissão de gases de efeito estufa por atividades agrícolas: emissão de metano proveniente da pecuária no Brasil**. Brasília, 2010.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO-MCTI. **Estimativas anuais de gases de efeito estufa no Brasil**. 2ª Edição, Brasília, 68 p., 2014.

MOHAMMED, N.; ONODERA, R.; ITABASHI, H.; LILA, Z.A. 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, p.301-311, 2004.

MOSS, A. R. **Methane***:* global warming and production by animals. Kingston: Chalcombe Publications, 105 p., 1993.

MOORBY, J. M. et al. Can live weight be used as a proxy for enteric methane emissions from pasture-fed sheep? **Scientific Reports**, London, v. 5, p. 1–9, 2015.

MUETZEL S, CLARK H. Methane emissions from sheep fed fresh pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research 58**, 472–489, (2015).

O´HARA, P.; FRENEY, J.; ULYATT, M. **Abatement of agricultural non-carbon dioxide greenhouse gas emissions: a study of research requirements**. Report prepared for the Ministry of Agriculture and Forestry on Behalf of the Convenor, Ministerial Group on Climate Change, the Minister of Agriculture and the Primary Industries Council. New Zealand: Crown Copyright - Ministry of Agriculture and Forestry, 170p. 2003. Disponível em: <www.maf.govt.nz/publications>. Acesso em:

23 malo 2017.

OLIVEIRA, P. A. ; PEDROSO, A. de F.; ALMEIDA, R. G. de; FURLAN, S.; BARIONI, L. G.; BERNDT, A.; OLIVEIRA, P. A.; HIGARASHI, M.; MORAES, S.; MARTORANO, L.; PEREIRA, L. G. R.; VISOLI, M.; FASIABEN, M. do C. R.; FERNANDES, A. H. B. M.**Emissão de gases nas atividades pecuárias.** In: II Simpósio de Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais. V1- Palestras. Foz do Iguaçu/PR. 69-76p. 2011.

OPIO, C. et al. **Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013.

OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. **Ruminal fermentation**. In: CHURCH, D.C. (Ed). The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition. p. 145-171, 1993.

PEDREIRA, M.S.; 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.

PEDREIRA, M.S.; PRIMAVESI, O. **Atuações zootécnicas para a adequação ambiental na bovinocultura.** In: Anais Zootec, ABZ: Paraíba , 2008.

PEDREIRA, M.S.; OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T., PRIMAVESI, O. Aspectos relacionados com a emissão de metano de origem ruminal em sistemas de produção de bovinos . **Archives of Veterinary Science.** v.3, p. 24-32, 2005.

PINARES-PATIÑO, C.S., ULYATT, M.J., WAGHORN, G.C., LASSEY, K.R., BARRY, T.N., HOLMES, C.W.,JOHNSON, D.E. Methane emission by alpaca and sheep fed on Lucerne hay or grazed on pastures of perennial ryegrass/white clover or birdsfoot trefoil. **Journal of.Agriculture Science.** v.140, p.215–226, 2003a.

PINARES-PATIÑO, C.S., M.J., ULYATT, K.R., LASSEY, T.N., BARRY, C.W., HOLMES. Rumen function and digestion parameters associated with differences between sheep in methane emissions when fed chaffed lucerne hay. **Journal of Agriculture Science** v.140, p. 205–214, 2003b.

PINARES-PATIÑO, C. S.; McEWAN, J. C.; DODDS, K. G.; CÁRDENAS, E. A.; HEGARTY, R. S. Repeatability of methane emissions from sheep. **Animal Feed Science and Tecnology** . n. 166-167, p.210-218, 2011.

RIVERA, A.R.; BERCHIELLI, T.T.; MESSANA, J.D.; VELASQUEZ, P.T.; FRANCO, A.V.M.; FERNANDES, L.B. Fermentação ruminal e produção de metano em bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85 e concentrado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.39, p.617-624, 2010.

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. **Fermentacão ruminal.** In: Nutrição de ruminantes. Jaboticabal: FUNEPv.2, 161-189p., 2011.

SAVIAN, J.V.; B.A., NETO; B.D., DAVID; C., T.M.R., BREMM; SCHONS; M.C.T. GENRO,; A.G., AMARAL; J., GERE; M.C., MCMANUS; C., BAYER; F.C.P. CARVALHO. Grazing intensity and stocking methods on animal production and methane emission by grazing sheep: Implications for integrated crop–livestock system. **Agriculture, Ecosystems and Enviroment**. v.190, p. 112-119, 2014,.

WOLIN, M. J.; MILLER, T. L.; STEWART, C.S. Microbe-microbe interactions. In: HOBSON, P. N.; STEWART, C. S. **The rumen microbial ecosystem**. London: Blackie Academic & Professional. p. 467-491, 1997.

ZHAO, Y. G.; CONNELL, N. E. O.; YAN, T. Prediction of enteric methane emissions from sheep offered fresh perennial ryegrass (Lolium perenne) using data measured in indirect open-circuit respiration chambers. **Journal Animal of Science**, Champaign, v. 94, p. 2425–2435, 2016.

ZEN, S.; BARIONI, L.G.; BONATO, D.B.B.; ALMEIDA, M.H.S.P.; RITLL, T.F. **Pecuária de corte brasileira: impactos ambientais e emissões de gases efeito estufa** (GEE). 2008 Disponível: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea_Carbono_pecuaria_SumExec.pdf>. Acesso em: 03 de junho de 2017

3 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGENS E SUAS RELAÇÕES COM CONSUMO DE FORRAGEM E DESEMPENHO ANIMAL

3.1 RESUMO

A eficiência de uso de recursos e a rentabilidade favorável em sistemas de produção de cordeiros em pastagens são fundamentais para sustentabilidade da ovinocultura. Pesquisas recentes apontam elevada produtividade em sistemas de produção de cordeiros em pastagens, no Sul do Brasil, com e sem desmame, mediante ou não suplementação concentrada. Neste estudo, objetivou-se avaliar o consumo de matéria seca (CMS), a composição da dieta e as relações dessas variáveis com o desempenho animal em dois sistemas de produção de cordeiros em pastagens, no município de Reserva, PR. Um dos sistemas com desmame precoce (55 dias) dos cordeiros e suplementação concentrada pós desmame, a 2% do peso corporal, até o abate (PC); o segundo, sem desmame e sem suplementação dos cordeiros até o abate, ambos com oferta de forragem em 12kg a cada 100 kg de PC. Foram realizadas duas avaliações de consumo de forragem, em setembro e outubro de 2012. Os cordeiros eram da raça Ile de France, com peso médio inicial de 25,47±0,58 kg. As espécies forrageiras que compuseram a pastagem foram o Tifton 85 (*Cynodon spp*) e o azevém anual (*Lolium multiflorum*). Para mensurar o consumo, utilizou-se a técnica de n-alcanos, cujo marcador externo foi o C_{32}, na dosagem de 40,09 mg.dia^{-1} na primeira, e 36,3 mg.dia^{-1}, na segunda etapa. O marcador interno foi o C_{31} e a composição da dieta foi estabelecida pela técnica de simulação de pastejo. O desempenho dos cordeiros foi avaliado de forma individual e por área. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com medidas repetidas no tempo. A biomassa total, massa de forragem e relação folha:colmo da pastagem foram superiores no sistema com cordeiros desmamados e suplementados ($P<0,05$). O consumo de matéria seca de forragem (CMS) dos animais diferiu ($P<0,05$); os cordeiros desmamados e suplementados ingeriram 0,844±0,05 kg.MS.dia^{-1} e os cordeiros sem desmame e sem suplementação ingeriram 1,127±0,09 kg.MS.dia^{-1}. Este consumo inferior de forragem para cordeiros desmamados e suplementados ocorreu devido ao efeito substitutivo da forragem pelo concentrado; porém houve incremento no consumo de matéria seca total, que foi igual a 4,46% PC. Os cordeiros desmamados e suplementados demonstraram ganhos individuais e por área maiores do que os cordeiros sem desmame e sem suplementação ($P<0,01$). A composição da dieta dos cordeiros foi predominantemente de folhas de Tifton 85, independente das estratégias de desmame ou de suplementação, da presença de ovelhas ou da estrutura do pasto ($P>0,05$), e, o consumo destas folhas aumentou em ambos os sistemas no decorrer do tempo ($P<0,01$), com a aproximação do verão. Portanto, os sistemas de produção de cordeiros influenciaram o consumo de matéria seca da pastagem e o consumo total, mas não o padrão de seleção de forragem; o maior consumo de alimentos foi o responsável pelos melhores índices de produtividade do sistema com desmame precoce e suplementação dos cordeiros.

Palavras chave: desmame, ovinos, alcanos, suplementação, sistemas de terminação.

3.2 ABSTRACT

An efficient use of resources and favorable profitability in lamb production systems in pastures are essential to sheep production sustainability. Recent researches indicate a high productivity in lamb production systems in pastures in southern Brazil, with and without weaning, with or without concentrate supplementation. The objective of this study was to evaluate dry matter intake (DMI), diet composition and its relations to animal performance in two lamb production systems in pasture. One of the systems with early weaning of lambs at 55 days and concentrate supplementation post-weaning at 2% of body weight (BW) until slaughter; the second, without weaning and without supplementation until slaughter, both with forage supply in 12 kg DM per 100kg BW. Two evaluations of forage intake were carried out in September and October 2012, in Reserva-PR. Ile de France lambs, with average initial weight of 25.47 ± 0.58 kg. The forage species were Tifton 85 (*Cynodon* spp) and annual ryegrass (*Lolium multiflorum*). To measure herbage intake, the n-alkane technique was used, with C_{32} as external marker at 40.09 mg.day^{-1} in the first, and 36.3 mg.day^{-1} in the second stage. The internal marker was C_{31} and the composition of the diet was established by the simulated grazing technique. The performance of the lambs was evaluated individually and by area. The experimental design was a randomized complete block with measures repeated in time. Biomass, forage mass and leaf:stem ratio of the pasture were higher in the system with weaned and supplemented lambs ($P < 0.05$). The dry matter intake (DMI) of the animals differed ($P < 0.05$); weaned and supplemented lambs ingested 0.844 ± 0.05 kg.DM.day^{-1} and lambs without weaning and without supplementation ingested 1.1271 ± 0.09 kg.DM.day^{-1}. This lower forage intake for weaned and supplemented lambs occurred due to substitutive effect, and there was an increase in the total dry matter intake, which was equal to 4.46% BW. Also, weaned and supplemented lambs showed greater individual gains per area than lambs without weaning and without supplementation ($P < 0.01$). The composition of the lambs' diet was predominantly Tifton 85 leaves, independent of the weaning or supplementation strategies, the presence of sheep or the pasture structure ($P > 0.05$), and the consumption of these leaves increased in both systems over time ($P < 0.01$). Therefore, lamb production systems influenced pasture dry matter consumption, but not forage selection pattern; The higher food consumption was responsible for the better productivity indexes and, consequently, greater system efficiency with early weaning and supplementation at 2% of CP. The higher food consumption was responsible for the better productivity indexes and, consequently, early weaning together with the post-weaning concentrate supplementation proved to be a more efficient alternative.

Key words: weaning, sheep, alkanes, supplementation, finishing systems.

.

3.3 INTRODUÇÃO

As pastagens constituem a base natural da alimentação dos ruminantes, e os sistemas pastoris são considerados a forma mais rentável e sustentável de criação desses animais.

Para os ruminantes, o conhecimento do valor nutritivo dos alimentos é de fundamental importância, e envolve a determinação do consumo de matéria seca (CMS) e da digestibilidade, tanto para os alimentos volumosos como concentrados (BERCHIELLI et al., 2005). O consumo de forragem é o principal fator determinante do desempenho de animais em pastejo, sendo influenciado por fatores que se relacionam ao animal, à pastagem, ao ambiente e as interações com seu meio (CARVALHO et al., 2007).

Estudos indicam que os valores de consumo podem elucidar entre 60-90% das variações em desempenho animal, enquanto entre 10-40% das variações seriam decorrentes da concentração de nutrientes no alimento (VAN VUUREN, 1994). Nesse contexto, sistemas de produção de ruminantes em pastagens devem estar continuamente associados à ambientes alimentares que proporcionem condições adequadas ao consumo de forragem e de nutrientes (CARVALHO et al., 2009).

Para os ruminantes em pastejo, as variações qualitativas e quantitativas das dietas consumidas são excepcionalmente amplas, pois, além das plantas forrageiras estarem em constantes variações botânicas e nutritivas em função do seu crescimento, existe o fator da seletividade dos animais em pastejo. Destaca-se, que herbívoros selecionam plantas e seus componentes morfológicos para otimizar a ingestão de nutrientes (CARVALHO, 2013). Assim, o objetivo final seria alcançar o maior consumo possível de energia metabolizável (BOVAL & DIXON, 2012). Com isso, a composição da forragem consumida pode ser tão importante quanto a quantidade consumida (CHEN et al., 1999), isto porque a alta ingestão de determinadas espécies ou frações de plantas não tem efeito apenas no aporte nutricional dos animais, mas também tem influência sobre a sustentabilidade do sistema (FUKOMOTO, 2007).

Modelos de produção de cordeiros em pastagens variam quanto a intensificação, desde estratégias de produção extensivas nos campos nativos até os modelos com emprego de diferentes estratégias de manejo alimentar, podendo atingir

elevados índices de produtividade. Em estudo conduzido por SILVA et al. (2014) foi revelado que dentre quatro estratégias de produção cordeiros em pastagens, cordeiros sem desmame e sem suplementação concentrada apresentaram bons resultados em desempenho, bem como, cordeiros desmamados precocemente com suplementação concentrada a 2% do peso corporal. A produção de cordeiros sem o desmame possibilita que o padrão de pastejo seja distinto, devido a presença das ovelhas (RIBEIRO et al., 2009). Por outro lado, a suplementação além de melhorar o ganho de peso, favorece o aumento da taxa de lotação na pastagem (REIS et al , 2009; SILVA et al, 2014). Ressalta-se que os efeitos da suplementação podem apresentar interações positivas e negativas com o consumo de forragem.

Conhecer o consumo de forragem quando são fornecidas quantidades variáveis de suplemento pode ser útil para prever o desempenho animal e assegurar práticas de manejo alimentar que sejam mais eficientes (CAMARGO et al, 2009). Quando o suplemento alimentar proporciona maior aporte de nutrientes à dieta animal, este pode interferir no consumo de nutrientes e de forragem, denominando-se efeito substitutivo ou aditivo (HODGSON, 1990; BARGO et al, 2003).

Mediante o exposto, objetivou-se conhecer as relações entre o consumo de forragem, a composição da dieta e a produtividade animal em sistemas pastoris de produção de cordeiros, sem desmame e sem suplementação e com desmame precoce e suplementação concentrada.

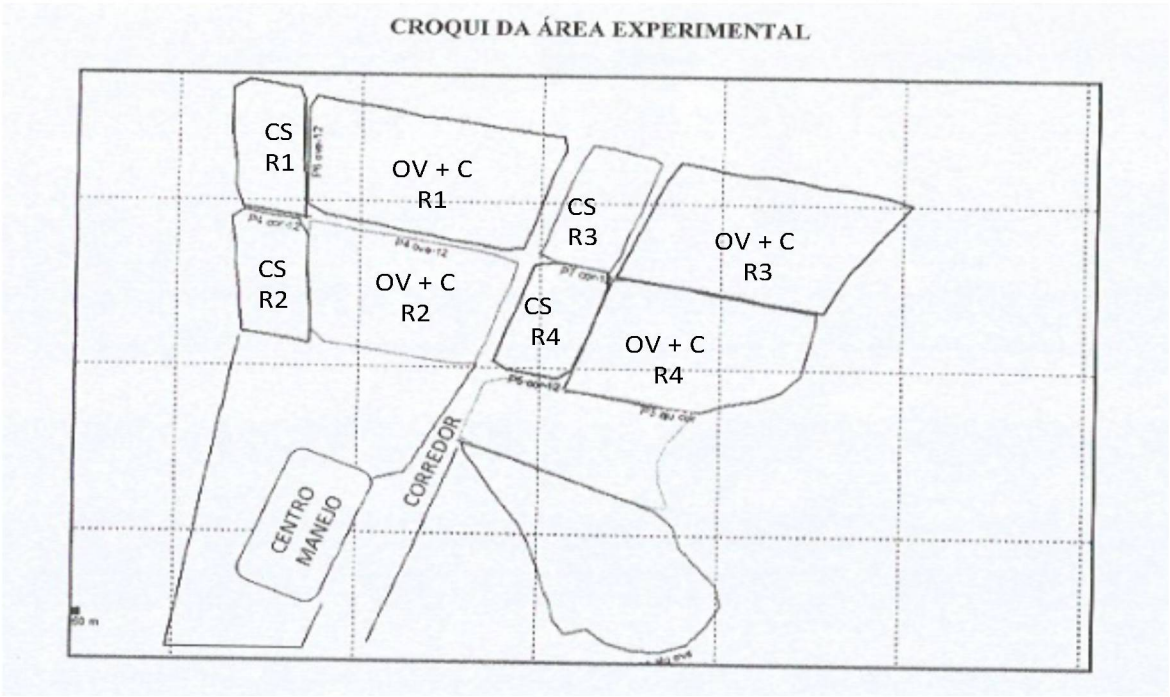
3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 05 de setembro a 26 de dezembro de 2012, na Fazenda Tangará, localizada no município de Reserva, região Centro-Oriental do Estado do Paraná, com as coordenadas geográficas 24º 38'41'' S 50º 50'41''O. O clima da região é subtropical úmido (Cfa) conforme classificação climática de Köppen-Geiger.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, composto por dois tratamentos (sistemas de terminação), com quatro repetições. Os fatores de bloqueamento foram sexo e tipo de parto. Os tratamentos constituíram-se pelos seguintes sistemas, ambos em pastagens: (**1**) Terminação de cordeiros desmamados

e suplementados e **(2)** Terminação dos cordeiros sem desmame e sem suplementação. Foram utilizados 3 cordeiros testes por repetição (piquete) e suas respectivas mães no caso do sistema 2, perfazendo um total de 12 ovelhas e 24 cordeiros. Os cordeiros da raça Ile de France foram distribuídos uniformemente de acordo com o peso corporal (PC) aos 55 dias de idade e permaneceram durante todo o período na pastagem. O peso médio inicial dos cordeiros foi de 25,5 $\pm$ 0,97 kg para cordeiros desmamados e suplementados e 25,5 $\pm$ 0,71 kg para os cordeiros sem desmame e sem suplementação. As ovelhas apresentavam neste momento, peso médio e EPM de 69,1$\pm$ 2,31 kg. A figura 3 representa a distribuição dos piquetes, tratamentos e blocos.

FIGURA 3. CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL NA FAZENDA TANGARÁ EM RESERVA – PR , ANO 2012.



Legenda: CS = Cordeiro desmamado e suplementado; OV + C = Ovelhas e cordeiros sem desmame e sem suplementação; Rn= Repetição (bloco).

A pastagem de Tifton-85, já estabelecida, foi roçada em abril e a sobressemeadura do azevém realizada no dia 15 de abril de 2012. A área experimental foi composta por pastagem de azevém sobressemeada em Tifton-85 em área total de 7,2 ha, sendo 2,0 ha destinados a manutenção de animais reguladores

de carga. As parcelas (piquetes) destinados ao sistema 1 possuíam área de 0,35 ha enquanto os destinados ao sistema 2 tinham área de 1,1 ha.

O método de utilização da pastagem foi de lotação contínua com carga animal variável, utilizando-se animais reguladores para ajustar a carga, de acordo com a técnica "*put and take*" (MOTT & LUCAS, 1952) . Os ajustes foram realizados a cada 21 dias procurando-se manter a oferta de forragem verde em 12 kg de matéria seca (MS) para cada 100 kg de PC. Foram realizadas duas adubações nitrogenadas na pastagem, perfazendo um total de 150 kg de $N.ha^{-1}$.

No sistema com suplementação foi utilizado concentrado proteico-energético, composto por milho, farelo de soja, farelo de trigo e sal mineralizado (19% PB) e 83% nutrientes digestíveis totais (NDT), ofertado aos cordeiros ao nível de 2% do PC em $MS.dia^{-1}$, individualmente, no período da tarde às 16:30 h. A coleta e pesagem das sobras de suplemento foram realizadas com o objetivo de estimar o consumo diário de suplemento pelos animais. Os ajustes de oferta do suplemento concentrado foram realizados a cada 21 dias, quando os animais eram pesados, após jejum alimentar e hídrico de 12 horas. O desempenho individual dos cordeiros, em ambos os sistemas de terminação, foi avaliado a cada 21 dias por meio do ganho médio diário (GMD), determinado a partir das pesagens realizadas após jejum alimentar e hídrico de 12 horas. O ganho de peso por área (kg de $PC.ha^{-1}.dia^{-1}$) foi calculado multiplicando-se o GMD individual dos cordeiros teste pela taxa de lotação média de cordeiros (no $cordeiros.ha^{-1}$) para cada período avaliado. A carga animal (CA, kg de $PC.ha^{-1}$) foi obtida a partir da equação (5) descrita por Heringer & Carvalho (2002):

$$CA = \frac{((\text{Taxa de acúmulo MS} \times \text{nº dias}) + \text{massa de forragem} / \text{nº dias}) \times 100}{\text{oferta pretendida}} \qquad (5)$$

A taxa de lotação (nº $animais.ha^{-1}.dia^{-1}$) foi obtida pela divisão da carga animal pelo peso médio dos cordeiros e ovelhas testes em cada período.

A produção de forragem foi avaliada a cada 21 dias, por meio da taxa de

acúmulo de MS. Utilizaram-se duas gaiolas de exclusão ao pastejo (MOTT & LUCAS, 1943) por piquete, sendo a taxa de acúmulo calculada com base em duas médias obtidas pela diferença existente entre a massa seca média das amostras colhidas no interior das gaiolas no último dia da exclusão (dia 21) menos a massa seca média da forragem colhida na unidade experimental por ocasião da alocação das gaiolas (dia 1).

As características estruturais da pastagem foram avaliadas a cada 21 dias, sendo mensuradas a altura e a massa de forragem disponível. A altura do dossel forrageiro foi mensurada por meio de bastão medidor graduado ("sward stick"), segundo Barthram (1986). Foram amostrados 75 e 150 pontos aleatórios respectivamente, para cada piquete, pequeno e grande. A massa de forragem foi determinada a partir do corte rente ao solo de duas amostras de área equivalente 0,1 m^2 cada. Uma subamostra de aproximadamente 50% foi separada em material senescente e material verde e foi seca em estufa com circulação de ar a 105 °C até peso constante. A massa seca dessas frações foi utilizada para o cálculo da massa de forragem e da massa de forragem verde, que foram expressas em kg de $MS.ha^{-1}$.

As características morfológicas do pasto foram obtidas a partir da separação de uma subamostra (cerca de 25%) da forragem colhida para obtenção da massa de forragem. Os componentes morfológicos foram separados em lâminas foliares, colmo + bainha e material morto e inflorescências, pesados, acondicionados em sacos de papel e sacos em estufa de ventilação forçada a 60 °C, durante 72 horas ou até peso constante. Depois de secas, as amostras foram pesadas em balança com precisão de 0,1g e por meio de cálculo foi determinada a disponibilidade de cada componente morfológico (kg de $MS.ha^{-1}$). A relação folha:colmo (RFC) foi obtida dividindo-se o valor de massa de lâminas foliares pela massa de colmo + bainha.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFPR para determinação dos valores brutos (totais) de: proteína bruta, cálcio e fósforo , conforme descrito por Silva (1990), e fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido , conforme proposto por Van Soest et al. (1991). Para estimativa dos nutrientes digestíveis totais, foram utilizadas fórmulas descritas por Kearl (1982) para o concentrado e de Weiss et al. (1992) para a forragem consumida. A energia metabolizável (EM) foi medida pela relação (NDT%) × 0,03615.

O consumo de forragem dos sistemas de produção de cordeiros foi mensurado

pela técnica dos n- alcanos, segundo Dove & Mayes et al., (1991). As estimativas de consumo foram obtidas usando péletes de celulose contendo 40,1 mg do alcano dotriacontano (C_{32}) em média, na primeira avaliação que foi de 7 a 17 de setembro de 2012, e de 36,3 mg em média na segunda avaliação, ocorrida de 6 a 16 de novembro de 2012. As avaliações ocorreram com intervalo onde cordeiros e ovelhas foram dosados com o indicador durante 10 dias, duas vezes ao dia, às 7:30 h e 17:30 h. A partir do 5º dia do início de cada período de avaliação coletou-se amostras de fezes, diretamente da ampola retal dos animais, durante 5 dias. As amostras foram armazenadas em freezer, separadas por turno (manhã e tarde), animal e dia de coleta. Posteriormente, as amostras de fezes foram secas em estufa de ventilação forçada a 60ºC, moídas em peneira de 1 mm e compostas por animal. Para obtenção da amostra de forragem consumida pelos animais utilizou-se a técnica do pastejo simulado (DE VRIES, 1995) entre os dias 7 e 10 dos períodos de dosificação e coleta de fezes.

Os n-alcanos foram extraídos da forragem e das fezes segundo o protocolo proposto por Dove e Mayes (2006). A identificação e quantificação dos n-alcanos foram realizadas por meio de cromatografia gasosa (GC) usando cromatógrafo SHIMADZU GC-2010 equipado com detector de ionização de chama (FID), carretel autosampler AOC-20S e injetor autoinjector AOC-20i. Os alcanos extraídos foram injetados (1µl) para dentro de uma coluna Rtx®-5 RESTEK (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm, absorvente composto por 5% difenil e 95% dimitil polisiloxane). O gás de arraste foi um fluxo constante de 30 mL. min^{-1}, gradientes de temperatura foram controlados para o injetor de 270ºC e a coluna iniciou com 170ºC,por um minuto, aquecendo 30ºC por minuto até atingir 215ºC, e elevando após este estágio 6ºC por minuto até a temperatura de 300ºC aos 21 minutos de corrida cromatográfica, mantendo a temperatura do FID em 340ºC. As áreas dos picos cromatográficos correspondentes a cada alcano foram determinadas utilizando-se o software *Shimadzu GC Solution*, no qual a identificação dos alcanos se baseou na comparação com o padrão externo pelo tempo de retenção médio de cada alcano na coluna. Os picos identificados foram convertidos em quantidades de alcanos tomando por referência o padrão interno C_{34} (tetratriacontano).

Após obtenção dos dados, calculou-se as concentrações de cada n-alcano em $mg.kg^{-1}$ de MS de alimentos e fezes. Como marcador externo utilizou-se o C_{32} dosado e o marcador interno eleito devido a sua maior concentração na pastagem foi o C_{31}. A

partir disso o consumo foi estimado por meio de equações descritas a seguir. Para o cálculo do CMS dos animais mantidos exclusivamente a pasto, foi utilizada a equação (6) apresentada por Mayes et al. (1986), e para os animais do sistema que receberam suplementação em pastagem utilizou-se a equação (7), adaptada e descrita por Perez-Ramirez et al. (2008). O suplemento foi fornecido individualmente para cada cordeiro avaliado e as sobras pesadas após o fornecimento para determinar seu consumo.

$$Q_h = \frac{(F_i/F_e) \times D_e}{H_i - ((F_i/F_e) \times H_e)} \quad (6)$$

$$Q_h = \frac{F_i/F_e((D_e+Q_s) \times S_e) - (Q_s \times S_i)}{H_i - ((F_i/F_e) \times H_e)} \quad (7)$$

Onde: Q_h = Consumo de forragem em kg de MS. dia^{-1}; F_i = Concentração do marcador interno nas fezes em $mg.(kg.MS)^{-1}$; H_i = Concentração do marcador interno na forragem em mg/kg.MS; S_i = Concentração do marcador interno no suplemento em $mg.(kg.MS)^{-1}$; D_e= Concentrado do n-alcano C_{32} dosado em mg; F_e= Concentração do marcador externo nas fezes em $mg.(kg.MS)^{-1}$; H_e = Concentração do marcador externo na forragem em mg. $kg.MS)^{-1}$; S_e = Concentração do marcador externo no suplemento em $mg.(kg.MS)^{-1}$ e Q_s = Consumo de suplemento em kg de MS.

A taxa de substituição do consumo de forragem foi estimada pela relação de kg de MS de forragem consumida a menos por kg de MS de suplemento concentrado consumido a mais no tratamento com cordeiros desmamados e suplementados quando comparados ao consumo de forragem em kg de MS dos cordeiros sem desmame e sem suplementação.

A avaliação dos componentes da dieta foi estimada utilizando 50% do material colhido pelo método de simulação de pastejo, para separação botânica e morfológica da pastagem, posteriormente foi seca em estufa com circulação de ar a 60 °C até peso constante. A massa seca dessas frações foi utilizada para o cálculo da massa de forragem de cada componente da pastagem e foram expressas em kg de MS.ha-

[1], conforme descrito na metodologia anterior de caracterização morfológica da pastagem.

Para análise dos dados foram utilizados os modelos mistos, com uso do software estatístico R versão 3.3.3 (R Core Team, 2017). Foram utilizados os pacotes "MASS", "STATS" e "NLME" (VENABLES & RIPLEY, 2002). Nas análises de oferta e consumo total de forragem e produção animal, os modelos de medidas repetidas no tempo foram utilizados, incluindo as repetições e os períodos como efeitos aleatórios, enquanto que os cordeiros nos diferentes sistemas de terminação foram incluídos como efeito fixo. Para analisar os componentes morfológicos consumidos, somente as repetições foram consideradas como efeitos aleatórios e os períodos e os tratamentos foram considerados como efeitos fixos. A normalidade de distribuição dos resíduos foi analisada e quando necessário, os dados foram transformados a fim de se maximizar a verossimilhança perfilhada do parâmetro a ser estimado. As transformações para raiz quadrada foram utilizadas para as variáveis de carga animal, ganho médio diário, ganho médio por área, e taxa de acúmulo da forragem. A transformação logarítmica foi aplicada para massa de colmo e bainha de Tifton 85 encontrada na simulação de pastejo. Os modelos foram selecionados com base no AIC (Akaike Information Criterion), e o teste de razão de verossimilhança foi utilizado para avaliar a significância da inclusão dos fatores fixos e aleatórios.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa de forragem disponível (TABELA 2) aos animais nos sistemas manteve-se suficiente de acordo com Carvalho (2004), que recomenda nas condições do Sul do Brasil, a manutenção de cobertura mínima de 2.500 a 3.000 kg MS.ha^{-1} para animais em crescimento. A altura da pastagem manteve-se em média em altura compatível para pastagens de Tifton 85 sobressemeadas de azevém em pastejo contínuo. Segundo Mezzalira et al. (2014) em pastejo rotativo a altura de entrada para esta espécie forrageira é de 20 cm e saída 12 cm, portanto, a altura média da pastagem de 12,5 cm, neste experimento (TABELA 2), mostrou-se adequada. Ainda, para azevém (*Lolium multiflorum*), a altura de entrada corresponde a 18 cm e saída

10 cm (AMARAL et al., 2013).

TABELA 2. MASSA E CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DA PASTAGEM, NOS MOMENTOS DE AVALIAÇÃO DE CONSUMO DE FORRAGEM, NOS DIFERENTES SISTEMAS DE TERMINAÇÃO DE CORDEIROS, NA FAZENDA TANGARÁ, RESERVA –PR.

	Sistemas		
Variáveis	Cordeiros desmamados suplementados	Cordeiros sem desmame e sem suplementação	P
Biomassa total (BT) em kg.MS.ha^{-1}	4.918-±195	4.158,5±284,5	0,045
Massa de forragem (MF) em kg.MS.ha^{-1}	3.208±171	2.502,8±171,2	0,030
Massa de lâminas foliares (MLF) em kg.MS.ha^{-1}	1.198±71,4	892,0±75,8	0,029
Relação Folha:Colmo (RFC)	0,70±0,03	0,50±0,04	0,004
Altura em cm	12,3±0,7	12,6±1,3	0,841
Taxa de acúmulo (TAC) em kg.MS.ha^{-1} dia^{-1}	21,3±4,1	82,8±9,6	0,001

A altura da pastagem pode ter favorecido a taxa de ingestão dos ovinos nos dois sistemas de terminação de cordeiros e consequentemente beneficiando o consumo de forragem (TABELA 3). Isto porque, Gonçalves et al. (2009) observaram, ao mensurar quatro alturas de pasto (4 cm, 8 cm, 12 cm e 16 cm) em campo nativo no Sul do Brasil, que a taxa máxima de ingestão ocorreu na altura do pasto de 9,5 cm para ovelhas e 11,4 cm para bezerras. Os mesmos autores relataram que a taxa máxima de ingestão por ovelhas e bezerras apresentam alta correlação, quanto à altura ideal da pastagem.

TABELA 3. CONSUMO DE MASSA (MS) DE FORRAGEM E MS TOTAL* NOS DIFERENTES SISTEMAS DE TERMINAÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGENS, NA FAZENDA TANGARÁ, RESERVA –PR.

Variáveis	Sistemas		P
	Cordeiros desmamados suplementados	Cordeiros sem desmame e sem suplementação	
Consumo de forragem em em kg MS.cordeiro^{-1}.dia^{-1}	0,844±0,05	1,271±0,09	0,001
Consumo de MS total em kg MS.cordeiro^{-1}.dia^{-1}	1,549±0,08	1,271±0,09	0,012
Consumo de Forragem em % PC	2,46±0,13	3,77±0,16	<0,001
Consumo de MS total em % PC	4,46±0,13	3,77±0,16	0,017

*MS total = matéria seca de forragem + matéria seca da ração concentrada

A biomassa total (BT) variou em função do sistema de terminação. A BT foi superior (P=0,045) no sistema com cordeiros desmamados e suplementados em comparação ao sistema sem desmame e sem suplementação (TABELA 2). A maior BT também foi acompanhada da massa de forragem (MF) neste sistema (P=0,030), bem como a massa de lâminas foliares (MLF) (P=0,029), e consequentemente, a relação folha:colmo (RFC) mais elevada (P=0,001) (TABELA 2), mostrando pastagem de superior quantidade e melhor qualidade aos cordeiros em terminação no sistema com desmame e suplementação. No entanto, a taxa de acúmulo foi superior (P=0,001) para a pastagem com cordeiros sem desmame e sem suplementação, possivelmente devido a maior ação de desfolha realizada pelas ovelhas, somada ao maior consumo de forragem desse sistema (TABELA 3), que podem ter ocasionado maior rebrote do pasto.

Estas variações na oferta e na estrutura da pastagem são indicativos de diferentes padrões de consumo de forragem estabelecidos pelos sistemas de terminação de cordeiros. Segundo Gonçalves et al. (2009), aspectos referentes a altura, massa e densidade de forragem podem influenciar o padrão de desfolha dos animais, interferindo diretamente no consumo de forragem. Nota-se, entretanto, que

a altura da pastagem não mostrou diferença significativa (P=0,841) entre os sistemas (TABELA 2), sugerindo que aspectos relacionados a estrutura da pastagem, podem ser em parte, não a causa de diferentes padrões de ingestão de forragem, mas sim a consequência e vice-versa. A desfolha feita pelos animais provoca a remoção diferencial de tecido, alterando a competição da vegetação e os padrões de crescimento das plantas; assim, a estrutura da pastagem é alterada pela desfolha. Ao mesmo tempo, a estrutura de pastagem determina padrões de desfolhamento e ingestão de forragem, determinando a condição corporal dos animais (CARVALHO et al., 2013).

Desta forma, as modificações encontradas na alimentação ofertada aos ovinos, seja por alterações na pastagem, ou a adição de suplementação concentrada (DE PAULA et al., 2009) ou a presença de diferentes categorias de animais podem promover variações tanto no consumo de forragem como no tempo de pastejo em ovinos, afetando o desempenho animal e, consequentemente, a eficiência do sistema produtivo.

A menor massa de lâminas foliares no sistema sem desmame e sem suplementação (TABELA 2) sugere que as ovelhas tiveram intensa participação no pastejo deste sistema, e portanto, na modificação desta oferta e estrutura. Silva et al (2012) e Silva et al (2014) avaliaram quatro sistemas de produção de cordeiros em pastagens de Tifton 85 (*Cynodon spp*) e encontraram maior relação folha:colmo, nos sistemas com a presença da ovelha, diferentemente dos resultados obtidos por este estudo; neste experimento, o Tifton 85 estava iniciando o seu estágio vegetativo, e o azevém estava no estádio fenológico de florescimento. Fatores que em conjunto com a intensa desfolha feita pelas ovelhas podem ter interferido na relação folha:colmo.

A suplementação concentrada também interferiu no padrão de consumo dos cordeiros desmamados, pois estes demonstraram ser menos dependentes da ingestão de forragem para atenderem suas exigências por nutrientes. O consumo de forragem total dos cordeiros desmamados e suplementados foi inferior (P=0,001) (TABELA 3) aos cordeiros sem desmame e sem suplementação.

O menor consumo de forragem dos cordeiros desmamados e suplementados está relacionado ao efeito substitutivo, porém com aumento no consumo de MS total para 4,46% PC (P=0,017; TABELA 3). Adami et al (2013) relataram que em cabritas da raça Boer submetidas a diferentes níveis de suplementação, em pastagem de aveia preta (*Avena strigosa*) também foi observado efeito substitutivo no consumo de

forragem, para cada 1% do peso corporal (PC) de suplemento fornecido, houve redução de 0,85% do PC no consumo de forragem (R^2= 0,78). Camargo et al. (2009) observaram que, para cordeiras com níveis inferiores de suplementação concentrada (1,5% PC), houve efeito substitutivo da pastagem, deixando de consumir cerca de 0,750 kg de MS.cordeiro^{-1}.dia^{-1} de pastagem de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). Neste experimento, apesar da suplementação ser superior (2,0% PC) a supressão do consumo de forragem não foi tão marcante, reduzindo em média 0,427 kg de MS.cordeiro^{-1}.dia^{-1} (P=0,001; TABELA 3), equivalente a aproximadamente 1,3 unidades percentuais de redução no consumo por PC (P<0,001; TABELA 3), resultando em taxa de substituição de 0,61.

Os cordeiros sem desmame e sem suplementação atingiram elevada ingestão de forragem em comparação aos cordeiros desmamados e suplementados (P=0,002; TABELA 3). Destaca-se que este valor é próximo ao encontrado para as ovelhas em lactação, em percentual do PC (4,0±0,18), demonstrando a grande capacidade de ingestão de forragem destes cordeiros, quando a forragem é único alimento. Isso reforça a possibilidade de produção de cordeiros exclusivamente em pastagens, sem a inclusão de insumos – grãos - que frequentemente oneram o sistema de produção.

Tanto as ovelhas como os cordeiros, de ambos os sistemas, apresentaram valores de ingestão de MS superiores aos valores indicados pelo NRC (2007). As ovelhas consumiram 23,2% a mais em MS do que o estimado pelo NRC (2007), e os cordeiros (3 meses), que consumiram em média 4,5% PC (desmamados suplementados) e 3,77% PC (sem desmame e sem suplementação) superaram os valores indicados pelo NRC (2007), para cordeiros de 4 meses (4,2% e 3,3% PC, respectivamente). Provavelmente, características estruturais como altura da pastagem em ambos os sistemas, e a oferta de folhas adequada no sistema sem desmame e sem suplementação, tenham favorecido a taxa de ingestão destes animais impactando diretamente no consumo de forragem. Camargo et al (2009) encontraram níveis de consumo de MS, em média, 52% superiores aos indicados pelo NRC (2007) para a categoria, com cordeiras de recria ingerindo em média 4,1% PC em MS.

Ainda, o maior consumo de MS foi acompanhado de incrementos nos índices de produtividade destes cordeiros (carga animal, GMD, ganho por área, taxa de lotação; TABELA 4). Conforme descrito por Camargo et al (2009), segundo o consumo

de MS das cordeiras em recria aumentava linearmente, também aumentava o ganho de peso dos animais.

TABELA 4. DESEMPENHO ANIMAL INDIVIDUAL E POR ÁREA NOS DIFERENTES SISTEMAS DE TERMINAÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGENS, NA FAZENDA TANGARÁ, RESERVA –PR.

	Sistemas		
Variáveis	Cordeiros desmamados suplementados	Cordeiros sem desmame e sem suplementação	P
Ganho médio diário (GMD) em kg PC	0,210±0,01	0,164±0,01	<0,001
Carga animal (cordeiro) em kg.PC.ha^{-1}	1452,1±105,2	536,7±43,0	<0,001
Taxa de lotação em cordeiros. ha^{-1}	50,7±2,2	19,2±1,1	<0,001
Ganho médio diário por área em kg.PC.ha^{-1}.dia $^{-1}$	10,4±0,4	3,2±0,2	<0,001

Um dos principais desafios em manejar pastagens é conciliar uma taxa de lotação que resulte em alto desempenho por animal com a lotação que também consiga atingir melhores resultados de desempenho por área (RIBEIRO et al, 2012). Neste cenário, o sistema com desmame precoce e suplementação pós desmame atingiu as metas supracitadas, pois obteve melhores índices produtivos, tanto individuais como por área (P<0,001; TABELA 4), e isso foi decorrência do elevado consumo de MS que refletiu diretamente no desempenho animal.

O melhor desempenho por área e a maior carga animal podem ser considerados resultados esperados em sistemas com suplementação, e de fato confirmados neste estudo (P<0,001; TABELA 4). Isto porque, a utilização de suplementos concentrados em sistema de pastejo, tem como objetivo propiciar elevação no desempenho animal e acréscimos na taxa de lotação (REIS et al, 2009).

Com isso, a suplementação aliada a estratégia de desmame permitiu que toda a carga animal deste sistema fosse composta por cordeiros. Em contrapartida, a carga animal de ovelhas no sistema sem desmame foi de 781,5±71,4 kg.PC.ha^{-1} o que representou 59,3% da carga animal nesse sistema, reduzindo obviamente o número de cordeiros para abate, por área. No caso do sistema no qual os cordeiros foram desmamados, as ovelhas certamente ocuparão outra área de pastagem, já que o rebanho de matrizes normalmente é mantido nas propriedades, para os rebanhos ovinos em crescimento no Brasil. Dessa forma, o foco dessa comparação deve ser o quão mais pesados e mais jovens podem ser obtidos os cordeiros em cada sistema.

Nesse caso, outro ponto a ser destacado é que ambos os sistemas mostraram ganho individual elevado, o qual justifica-se pela oferta de folhas e pela ingestão de forragem , mesmo tendo ocorrido diferentes consumos de forragem e de MS total entre os sistemas (P<0,01; TABELA 3). A composição química da forragem colhida por simulação de pastejo foi similar para os dois sistemas, inclusive nos altos valores energéticos e proteicos (TABELA 5).

TABELA 5. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO PASTO COLHIDO POR SIMULAÇÃO DE PASTEJO NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS, DURANTE AS AVALIAÇÕES DE CONSUMO, FAZENDA TANGARÁ, RESERVA-PR.

Composição química (%)	Cordeiros desmamados e suplementados	Cordeiros sem desmame e sem suplementação	P
Proteína Bruta	15,9±1,2	16,1±1,3	0,769
Extrato Etéreo	4,9±0,1	4,8±0,2	0,813
Matéria Mineral	5,4±0,1	5,8±0,2	0,059
Cálcio	0,35±0,02	0,38±0,02	0,038
Fósforo	0,30±0,02	0,34±0,02	0,006
FDN	58,0±1,8	59,0±0,3	0,592
FDA	23,4±0,6	23,3±0,7	0,932
Lignina	2,0±0,2	2,1±0,2	0,735
EM Mcal.(kg.MS)$^{-1}$	2,54±0,10	2,52±0,11	0,479

Com isso, nota-se que o fator determinante para maior desempenho individual e por área dos cordeiros desmamados e suplementados foi o incremento no consumo

de MS total, bem como, a substituição da forragem por um alimento com maior valor nutricional, resultando assim em maior aporte proteico e energético proporcionado pela suplementação concentrada (19% PB e 2,76 Mcal EM. kg MS^{-1}). Fernandes et al. (2012) avaliando o desempenho e perfil metabólico de cordeiros em quatro sistemas de terminação, com e sem uso das estratégias de desmame e suplementação, encontraram um ganho diário maior em 117g nos sistemas com suplementação, porém o perfil metabólico destes cordeiros submetidos a desmame e suplementados fou equivalente aos dos animais lactentes. Dados como estes sugerem que além de incrementar o desempenho animal a suplementação no nível de 2%PC no pós desmame supre o aporte de nutrientes que era antes fornecido pelo aleitamento.

O desempenho de cordeiros que foram mantidos até o abate sem desmame (0,164±0,01 kg. dia^{-1}), apesar de inferior que o dos que receberam suplementação pós desmame, pode ser considerado favorável, pois com esse ganho de peso diário, os cordeiros poderiam ser abatidos com 40kg aos 151 dias de idade, e poderiam ser considerados produto de excelente qualidade. Algumas outras respostas animais foram obtidas por Silva et al. (2014) 0,135 kg. dia^{-1} em Tifton-85, e também por Poli et al. (2008) e Ribeiro et al. (2009), respectivamente, sendo 0,281 kg. dia^{-1} de 0,303 $kg.dia^{-1}$,em pastagens de azevém, com 1000 kg MS de folha.ha^{-1} Possivelmente, diferentemente do Tifton 85, as pastagens de inverno e a elevada oferta de folhas encontradas pelos autores supracitados tenham favorecido o desempenho dos cordeiros sem desmame e sem suplementação, devido à forragem de elevado valor nutricional provavelmente consumida pelos cordeiros e principalmente pelas ovelhas lactantes, aumentando também a produção de leite.

Com relação ao consumo de leite pelos cordeiros sem desmame e sem suplementação, que também é alimento de elevado valor nutricional, este pode ter sido menos impactante nos resultados de desempenho. As ovelhas de parto gemelar que foram utilizadas (75% das ovelhas), embora apresentem maior produção de leite com a gemelaridade, produzem 20 a 40% mais leite do que ovelhas que criam um cordeiro. Ainda, o ambiente, a raça, idade das ovelhas, estágio de lactação, número de cordeiros, estado sanitário, infecções de úbere, manejo do rebanho e nível nutricional durante a gestação e lactação são fatores que contribuem para as variações na produção e na qualidade do leite (FERNANDES et al , 2009).

Outro ponto que pode ter interferido no desempenho dos cordeiros sem

desmame e sem suplementação foi a maior desfolha da pastagem pelas ovelhas, possivelmente também motivado pela grande proporção de partos gemelares das ovelhas (75% do total de partos), o que elevou as exigências energéticas de 3,02 Mcal.dia^{-1} de ovelhas em lactação com parto simples, para 3,70 Mcal.dia^{-1} de energia metabolizável (NRC, 2007) para ovelhas em lactação com parto gemelar. Isso pode ter levado as ovelhas a apresentarem elevado consumo de MS na forma de forragem (4,0%±0,18) sobretudo o consumo de lâminas foliares (Setembro: MF 560,4±46,4 g.kg^{-1} de MS; Novembro: MF 820,4±18,7 g.kg^{-1} de MS) . Salienta-se que o padrão de desfolha das ovelhas seguiu a mesma tendência da de cordeiros, em ambos os sistemas (TABELA 4), com aumento da ingestão de folhas com o avanço do ciclo fisiológico da planta (P<0,01). Consequentemente, todos esses fatores somados ao alto consumo de forragem dos cordeiros sem desmame (TABELA 3), mantiveram a disponibilidade de folhas (TABELA 2) abaixo dos valores recomendados (1000 kg.MS.ha^{-1}) por Carvalho et al. (2004) para a terminação de animais jovens, para que não haja limitação de consumo. Assim como a menor altura da pastagem não favoreceu o acesso dos ovinos às partes preferidas, gerando assim maior custo energético para consumo da forragem (CARVALHO et al, 2013). Isso possivelmente contribuiu para o comprometimento do desempenho individual dos cordeiros no sistema de terminação junto às mães em comparação com os cordeiros desmamados e suplementados.

Não houve diferença (P>0,05) entre os sistemas de terminação para a composição botânica do pasto, em nenhum dos períodos. Apenas alguns componentes em ambos os sistemas foram mais consumidos, com o avanço do ciclo fisiológico das plantas, como as folhas de Tifton, (P<0,001; TABELA 6) em detrimento ao consumo de outros (material senescente de Tifton 85 (P<0,001); colmo+bainha, P=0,036; inflorescência, P=0,027; e material senescente de azevém, P=0,026) (TABELA 6). Esse padrão de seletividade reflete a dinâmica vegetativa da pastagem, pois a primeira avaliação de consumo aconteceu no início da primavera, onde a pastagem de azevém apresentava-se ao final do seu ciclo e a de Tifton-85 começando o rebrote para atingir seu ápice no período de verão.

Desta forma, o menor desempenho dos cordeiros sem desmame e sem suplementação (P<0,001; TABELA 4), deve estar ligado ao gasto energético na procura de folhas, pois a oferta de lâminas foliares neste sistema foi limitada (TABELA

2), provavelmente pela presença das ovelhas. De acordo com Silva et al (2012), a baixa relação folha:colmo e a limitação no consumo de folhas, podem levar cordeiros a buscar maximizar o consumo de forragem, aumentando o tempo de seleção e de manipulação da forragem, justificando assim o maior gasto energético devido a esta ação, e, consequentemente influenciando negativamente o desempenho dos cordeiros. Jochims et al (2010) e Silveira et al (2015) observaram que o tempo de pastejo de cordeiros diminui quando suplementados, o que atende ao pressuposto de que, quando o requerimento energético do animal é atendido, e considerando a capacidade limitada do trato digestório, cessa a procura por alimentos (LACCA & DEMMENT, 1992). Em adição, Mertens et al (2007) afirmam que, quanto maior o consumo voluntário, maior será a produtividade dos animais e mais rapidamente as exigências de nutrientes para cada unidade de produção animal serão atingidas, confirmando os resultados de consumo e produtividade encontrados neste estudo.

Em contrapartida, pode-se considerar a possibilidade de se trabalhar com o sistema sem desmame e sem suplementação, com ajuste de carga animal baseado na oferta de folhas, como realizado por Poli et al. (2008) para as ovelhas, garantindo assim que não ocorram limitações que possam prejudicar o desempenho animal.

TABELA 6. CONSUMO DE CORDEIROS EM G.KG^{-1} DE MS DOS COMPONENTES BOTÂNICOS E MORFOLÓGICOS NOS DIFERENTES SISTEMAS DE TERMINAÇÃO EM PASTAGENS, EM DOIS PERÍODOS (SETEMBRO E NOVEMBRO) DO ANO DE 2012, NA FAZENDA TANGARÁ, RESERVA –PR.

Componentes botânicos e morfológicos (g.kg^{-1} de MS)	Cordeiros desmamado suplementado	Cordeiros sem desmame sem suplementação	Média Período	Cordeiros desmamado suplementado	Cordeiros sem desmame sem suplementação	Média Período	P		
	Período 1			Período 2			TxP	Trat.	Período
Folha Tifton	645±62,6	661±83,1	653±5,7	871,3±111,9	850±142,6	860,7±7,5	NS	NS	<0,001
Colmo + bainha Tifton	79,5±16,8	135,4±15,0	108±19,8	82,0±15,5	117±17,7	99,5±12,3	NS	NS	NS
Inflorescência Tifton	1,6±1,3	0,0	0,8±0,6	7,2±3,0	2,0±1,3	4,6±1,8	NS	NS	NS
Morto Tifton	97,5±13,2	137±5,1	118±14,1	26,6±5,1	24,0±8,5	25,3±0,9	NS	NS	<0,001
Folha Azevém	0,1±0,3	0,8±1,0	0,5±0,2	0,4±0,5	0,4±0,6	0,4±0,0	NS	NS	NS
Colmo + bainha Azevém	2,6±2,2	6,9±2,7	4,8±1,5	0,1±0,2	0,4±0,6	0,3±0,1	NS	NS	0,036
Inflorescência Azevém	158±15,0	35,4±7,2	96,6±43,2	2,9±3,5	3,1±2,0	3±0,1	NS	NS	0,027
Morto Azevém	14,3±20,3	20,8±5,5	17,6±2,3	5,9±2,8	2,1±1,6	4±1,3	NS	NS	0,026
Outras	1,7±2,2	2,2±2,3	2,0±0,2	3,6±2,8	1,2±1,5	2,4±0,8	NS	NS	NS

NS: não significativo

Deste modo, o sistema de produção de cordeiros desmamados e suplementados se mostrou mais eficiente devido aos seus índices produtivos superiores ao sistema de produção sem desmame e sem suplementação. No entanto, deve-se observar o custo do suplemento concentrado, para que este não seja superior à rentabilidade conquistada pela maior produção de cordeiros em kg por hectare. Neste caso, o custo não poderia ultrapassar R$ 1,80 por kg de ração, considerando o preço do cordeiro no Estado do Paraná de R$ 7,28 (CEPEA, 2017); ou seja, com estes valores, o uso do concentrado não pode ultrapassar a relação 0,25 kg do ganho de PC por área por kg de suplemento consumido. Segundo Debortoli et al (dados não publicados), o custo médio por kg de suplemento concentrado na fase de terminação de cordeiros nas cooperativas do Estado do Paraná variaram de R$ 0,85 a R$ 1,00, nos anos de 2015 a 2016. Portanto, neste experimento o custo do concentrado foi compensatório, devido aos índices produtivos alcançados.

3.6 CONCLUSÕES

No sistema de terminação com cordeiros desmamados precocemente e suplementados com ração concentrada pós desmame houve aumento do consumo de matéria seca total, embora o consumo de forragem tenha sido substituído parcialmente pelo consumo do suplemento concentrado. O maior consumo de alimentos favoreceu o desempenho individual e a produtividade dos cordeiros nesse sistema.

Independentemente das estratégias de desmame ou de suplementação utilizadas nos sistemas de produção, da presença das ovelhas, ou das diferenças estruturais do pasto, a composição da dieta consumida pelos animais foi predominantemente de folhas de Tifton-85, reforçando a importância de manter a oferta de folhas adequada em sistemas pastoris.

O desempenho individual dos cordeiros em ambos os sistemas foi favorável ao abate de cordeiros com peso de 40 kg e idade máxima ao redor de 5 meses, o que resultou em produto animal de boa qualidade.

3.7 REFERÊNCIAS

ADAMI, P. F.; PITTA, C.S.R.; SILVEIRA, A. L. F; PELISSARI, A.; HILL, J. A. G. , ASSMANN, A. L.; FERRAZA, J. M. Comportamento ingestivo, consumo de forragem e desempenho de cabritas, alimentadas com diferentes níveis de suplementação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.2, p. p. 220-227, 2013.

AMARAL, M.F., MEZZALIRA, J.C., BREMM, C., DA TRINDADE, J.K., GIBB, M.J., SUÑE, R.W.M., CARVALHO, P.C.F. Sward structure management for a maximum short-term intake rate in annual ryegrass. **Grass Forage Science** v.68, p.271–277, 2013.

ARGO, F.; MULLER, L.D.; KOLVER, E.S.; DELAHOY, J.E. Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.1-42, 2003.

BARTHRAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. **Biennal Report 1984-1985**. Hill Farming Research Organization, Penicuik, p.29-30, 1986.

BARROS, C. S.; DITTRICH, J. R.; MONTEIRO, A. L. G.; PINTO, S.; WARPECHOWSKI, M. B. Técnicas para estudos de consumo de alimentos por ruminantes em pastejo: revisão. **Scientia Agraria Paranaensis**. v. 9, n. 2, p. 5-24, 2010.

BERCHIELLI, T.T.; OLIVEIRA , S.G.; GARCIA, A.V. Considerações sobre os principais indicadores utilizados em estudos de nutrição com ruminantes. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia ,** v.8 , n.2, p.205-211, 2005.

BOLAND, H.T.; SCAGLIA, G.; NOTTER, D.R.; ROOK, A.J.; SWECKER JR, W.S.; ABAYE, O. A. Diet composition and dry matter intake of beef steers grazing tall fescue and alfafa. **Crop Science,** v. 52, p.2817-2825, 2012.

BOVAL, M.; DIXON, R. M. The importance of grasslands for animal production and other functions: a review on management and methodological progress in the tropics. **Animal,** Cambridge, v. 6, n. 5, p. 748–762, 2012.

CAMARGO, D.G., ROCHA, M.G, KOLOSKY, G.V., ELELJADE, D.G., BREMM, C., POTTER, L., ROSA, A.T.N., OLIVEIRA NETO, R.A. Consumo de forragem por cordeiras suplementadas em pastagens de milheto. **Ciência Rural,** Santa mAria v.39 p. 509-514, 2009.

CARVALHO, P.C.F. Manejando pastagens para ovinos. In: PEREIRA NETO, O.A.; MÓRLAN, J.B.; CARVALHO, P.C.F. et al. (Eds.) **Práticas em ovinocultura – ferramentas para o sucesso**. Porto Alegre: SENAR, 2004. p.15-28.

CARVALHO, P. C. F. Harry Stobbs Memorial Lecture : Can grazing behavior support innovations in grassland management ? **Tropical Grasslands,** Brisbane, v. 1, p. 137–155, 2013.

CARVALHO, P.C.F.; KOSLOSKY, G.V.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; REFFATTI, M.V.; GENRO, T.C.M.; EUCLIDES, V.P.B. Avanços metodológicos do consume de ruminantes em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v. 36 (suplemento especial), p.151-170, 2007.

CARVALHO, P.C.F.; DA TRINDADE, J.K.; MEZZALIRA, J.C. et al. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38:109-122, 2009.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Piracicaba-SP. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/ovinos.aspx. Acesso em: 27 de agosto de 2017.

CHEN, W.; SCOTT, J.M; BLAIR, G.J. et al. Using plant cuticular alkanes to study plant-animal iteration on pastures. **Canadian Journal of Animal Science**, v.79, n.4, p.553-556, 1999.

CORRÊA, G.F. et al. Produção e composição química do leite em diferentes genótipos ovinos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.936-941, 2006.

DE PAULA, E.F.E., STUPAK, E.C., ZANNATA, C.P., PONCHEKI, J.K.,LEAL, P.C., MONTEIRO, A.L.G. Comportamento ingestivo de ovinos em pastagens: uma revisão. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas,** v.4, p.42-51, 2009.

DE VRIES, M.F.W. Estimating forage intake and quality in grazing cattle: a reconsideration of the hand-plucking method. **Journal of Range Management**, 48:370- 375, 1995.

DOVE, H. Using the n-alkanes of plant cuticular wax to estimate the species composition of herbage mixtures. **Australian Journal of Agricultural Research,** v.43, p. 1711-24, 1992.

DOVE, H.; MAYES, R.W. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores: A review. **Australian Journal of Agricultural Research,** v.42, p.913–952, 1991.

DOVE, H.; MAYES, R.W. Plant wax components: a new approach to estimating intake and diet composition in herbivores. **Journal of Nutrition**, v.126, p.13-26, 1996.

DOVE, H.; MAYES, R.W. Protocol for the analysis of n-alkanes and other plant-wax compounds and for their use as markers for quantifying the nutrient supply of large mammalian herbivores. **Nature Protocols**, 1:1680-1697 , 2006.

DOVE, H.; MOORE, A.D. Using a least-squares optimization procedure to estimated botanical composition based on the alkanes of plant cuticular wax. **Australian Journal of Agricultural Reaserch,** v. 46, p. 1535-1544, 1995.

FERNANDES, S. R.; MONTEIRO, A. L .G; DITTRICH. R. L.; SALGADO, J.A.; SILVA, C. J. A.; SILVA, M. G. B; BELTRAME, O. C.; PINTO, P. H. N. Early weaning and concentrate supplementation on the performance and metabolic profile of grazing lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.41 , n. 45, p.1292-1300, 2012.

FONSECA, L., CARVALHO, P.C.F., MEZZALIRA, J.C., BREMM, C., GALLI, J.R., GREGORINI, P. Effect of sward surface height and level of herbage depletion on bite features of cattle grazing Sorghum bicolor swards. Journal of Animal Science. v.91, 4357–4365, 2013.

FUKOMOTO, N.M.; DAMASCENO, J.C.; CÔRTES, C.; ROEHSIG, L.; REGO, F.C.A.; CECATO,U.; BRANCO,A.F. uso de n-alcanos na estimativa da composição botânica da dieta em ovinos alimentados com diferentes proporções de *Brachiaria decumbens Stapf* e *Arachis pintoi Koprovi* e *Gregory.* **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.36, n.4 **,** p.1147-1154, 2007 (supl.).

FUKOMOTO, N.M.; DAMASCENO, J.C.; ROEHSIG, L.; CORTÊS, C.; MATSUSHITA, M; SANTOS, G.T. Estimativas da digestibilidade e consumo de matéria seca em ovinos alimentados com feno de aveia e concentrado em resposta ao método de administração de alcano externo C_{32}. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.35, n.6, p. 2413-2420, 2006.

GONÇALVES, E.N., CARVALHO, P.C.F., KUNRATH, T.R., CARASSAI, I.J., BREMM, C., FISCHER, V. Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: processo de ingestão de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 38, p.1655–1662, 2009.

HERINGER, I.; CARVALHO, P. C. F. Ajustes de carga animal em experimentos de pastejo: Uma nova proposta. **Ciência Rural,** Santa Maria, v.32, n.4**,** p. 675-679, 2002.

HODGSON, J. **Grazing management. Science into practice**. London: Longman Scientific & Technical, p.203, 1990.

JOCHIMS, F.; PIRES, C.C.; GLIEBER, L.; BOLZAN, A. M. S.; DIAS, F. D.; GALVANI, D. G. Comportamento ingestivo e consumo de forragem por cordeiras em pastagem de milheto recebendo ou não suplemento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p. 572-581, 2010.

MEZZALIRA, J.C., CARVALHO, P.C.F., FONSECA, L., BREMM, C., CANGIANO, C., GONDA, H.L., LACA, E.A.. Behavioural mechanisms of intake rate by heifers grazing swards of contrasting structures. **Applied Animal Behaviour Science**. 153, 1–9, 2014

MOTT, G.O.; LUCAS, H.L. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGREES, 6., 1952, State College. **Proceedings...**State College: Pensylvania State College Press, p.1380-1385, 1943.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Small Ruminants**: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids. Washington, D.C.: National Academies Press. 384 p., 2007.

PENNING, P.D. **Animal based techniques for estimated herbage intake**. In: PENNING, P.D. Herbage intake Handbook. The British Grassland Society, p. 53-94, 2003.

PEREZ-RAMIREZ, E.; DELAGARDE, R.; DELABY, L. Herbage intake and behaviour adaptation of grazing dairy cows by restriciting time at pasture under two feeding regimes. **Animal**, v.2 n.9 p. 1384-1392, 2008.

POLI, C. H. E. C.; MONTEIRO, A. L. G.; BARROS, C. S.; MORAES, A.; FERNANDES, M. A. M.; PIAZZETTA, H. P. V. L.; Produção de ovinos de corte em quatro sistemas de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.666-673, 2008.

RAMSEY, W.S. et al. Relationships among ewe milk production and ewe and lamb forage intake in Targhee ewes nursing single or twin lambs. **Journal of Animal Science,** Champaign, v.72, n.4, p.811-816, 1994.

RIBEIRO, T.M.D.; MONTEIRO, A.L.G.; POLI, C.H.E.C., MORAES, A., SILVA, A.L.P., BARROS, C.S. Características da pastagem de azevém e produtividade de cordeiros em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38 , n.3, p. 580-587,2009.

RIBEIRO, L., SILVA , M.G.B., MEIRELLES, P.R.L., FERNANDES, S.R., CRUZ, T.A., COSTA, C., CAVASSANO, F.A., KOWALSKI, L.H. Interação entre animais e plantas e a sua importância para o consumo de forragem. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias,** v.111, p. 5-13, 2012.

REIS, R.A., RUGGIERI, A.C., CASAGRANDE, D.R, PÁSCOA, A.G. Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.147-159 (supl. especial), 2009.

SILVA, C. J. A.; FERNANDES, S. R.; SILVA , M. G. B., MONTEIRO, A. L. G., POLI, C. H. E. C., PRADO, O.R., MCMANNUNS, C., GILAVERT, S. Early weaning and

supplementation for lamb production on Tiftton-85 pasture. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v.43, p. 428-435, 2014.

SILVA, M. G. B.; MONTEIRO, A. L. G.; FERNANDES, S. R.; SILVA, C. J. A.; CRUZ, T. A.; SALGADO, J. A.; KOWALSKI, L. H.; COSTA, C. Desmame precoce e a suplementação com alimentos concentrados de cordeiros e seus efeitos sobre as características morfológicas da pastagem e o consumo de forragem. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**. v. 107, n.581-582, p. 57-62, 2012.

SILVEIRA, M.F.; MACEDO, V.P.; BATISTA, R.; SANTOS, G.B.; NEGRI, R.; CASTRO, J.M.; SILVEIRA, A.P.; WLODARSKI, L. Comportamento ingestivo e desempenho produtivo de cordeiros mantidos em pastagem tropical e recebendo diferentes suplementações. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.67, n.4, p.1125-1132, 2015.

VENABLES, W.N.; RIPLEY, B.D. **Modern Applied Statistics with S**. 4 ed. Springer-Verlag New York. 2002.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; ST. PIERRE, N.R. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**., v.39, p.95-110, 1992.

4 EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGENS NO SUL DO BRASIL

4.1 RESUMO

A produção de ovinos tem se mostrado uma estratégia para sistemas agropecuários mais sustentáveis, isto devido a baixa "pegada" de carbono na produção de carne. Neste estudo, objetivou-se conhecer as emissões de metano em sistemas de produção de cordeiros em pastagens de verão do sul do Brasil. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com medidas repetidas no tempo, com dois tratamentos e quatro repetições (piquetes). Os tratamentos foram: (1) Sistema de produção de cordeiros desmamados e suplementados após o desmame com ração concentrada a 2% PC por dia e (2) Sistema de produção dos cordeiros sem desmame e sem suplementação, ambos em pastagens. Cada sistema foi composto de quatro piquetes de 0,5 ha para o sistema 1, e 0,2 ha para o sistema 2, com três animais testes por repetição. As ovelhas e os cordeiros eram produtos de cruzamento White Dorper x Suffolk e todos os cordeiros foram provenientes de partos gemelares. O período experimental foi de novembro de 2013 a fevereiro de 2014, com predominância de pastagens de *Cynodon spp* e *Paspalum spp*. O consumo de forragem foi mensurado pela técnica de n- alcanos (C_{31}:C_{32}). A coleta do gás CH_4 foi realizada por meio de cilindros previamente esvaziados por vácuo, com tubo capilar ajustado à cabeça dos animais. A vazão dos capilares foi dimensionada de modo que os cilindros fossem trocados a cada 48 horas, totalizando três coletas em seis dias de avaliação. Adicionalmente, dois tubos foram alocados na área experimental para coleta de ar atmosférico. As análises do metano e do SF_6 foram determinadas usando cromatografia gasosa. Utilizou-se para a análise estatística, os modelos mistos, tendo o período de avaliação como efeito aleatório e os tratamentos como efeito fixo, com os dados submetidos à análise de variância. O sistema com cordeiros desmamados e suplementados resultou em menor emissão de metano por unidade de produto final, 106±17,1 g CH_4.kg GMD^{-1} (P=0,048) *versus* 288±74,8 g CH_4.kg GMD^{-1}(cordeiros sem desmame e sem suplementação). O componente que influenciou este resultado foi o desempenho individual dos cordeiros influenciado pelo maior consumo total de MS (4,0% do PC) dos cordeiros desmamados e suplementados. Assim, as emissões diárias de metano entérico por animal (13,4±0,8 g.dia^{-1}), por área (603±84,2 g CH_4.ha^{-1}.dia^{-1}) e por consumo de matéria seca (12,7±0,98 g CH_4.kg CMS^{-1}) foram superiores nos cordeiros desmamados e suplementados em comparação aos sem desmame e sem suplementação. Cordeiros desmamados precocemente e suplementados com ração concentrada após o desmame até o abate apresentaram melhores índices produtivos e maior emissão bruta de metano; porém, quando considerada a emissão por unidade de produto final, este foi o melhor sistema de produção.

Palavras chave: Gases de efeito estufa, aquecimento global, sistemas pastoris, ovinos, potencial de mitigação

4.2 ABSTRACT

Sheep production has been shown a strategy to sustainable livestock systems due the low carbon footprint in meat production by sheep farming. In this study, we aimed to evaluate the methane emissions in lamb production systems in summer pastures of southern Brazil. The experimental design was a randomized complete block design, with two treatments and four replicates (paddocks). The treatments were the following production systems: (1) lambs weaned and supplemented in post-weaning with concentrate at 2% of body weight (BW) per day and (2) lambs finished without weaning and without supplementation, both on pasture. Each system was composed of four replicates of 0.5 ha for system 1 and 0.2 ha for system 2 with three test animals. The sheep and the lambs were from White Dorper x Suffolk cross and the animals were from birth twins. The experimental period was from November 2013 to February 2014, with predominance of *Cynodon* spp and *Paspalum* spp pastures. Forage intake was measured using the n-alkane technique (C_{31}: C_{32}). Gas collection was performed with cylinders previously emptied by vacuum, with capillary tube fitted to the head of the animals. Capillaries flow was dimensioned so that the cylinders were changed every 48 hours, totaling three collections in six days of evaluation. In addition, two tubes were placed in the experimental area to collect atmospheric air. Methane and SF_6 analyzes were determined using gas chromatography. The mixed models were used for statistical analysis, with the evaluation period as random effect and the treatments as fixed effect, with data submitted to analysis of variance. The system with weaned and supplemented lambs showed lower methane emissions per unit of final product was 106±17.1 g CH_4.kg ADG^{-1} (P=0.048) versus 288±74.8 g CH_4.kg ADG^{-1} (lambs without weaning and without supplementation). The component that influenced this result was the individual performance of the lambs influenced by the higher DM intake (4.0% of BW) of weaned and supplemented lambs. Thus, daily emissions of enteric methane per animal (13.4 ± 0.8 g.day^{-1}) by area (603 ± 84.2 g CH_4.ha-1.day^{-1}) and by dry matter intake (12.7 ± 0.98 g CH_4.kg DMI^{-1}) were higher in weaned and supplemented lambs in comparison to those without weaning and without supplementation. Lambs early weaned and supplemented after weaning until slaughter showed better production indexes and higher gross methane emissions; however, when considering the emission per unit of final product was the best production system.

Keywords: Greenhouse gases, global warming, pastoral systems, sheep, mitigation potential

4.3 INTRODUÇÃO

A atividade agropecuária e as mudanças no uso da terra geram emissões de gases de efeito estufa (GEE) de origem antropogênica, as quais alteram os fluxos naturais de gases como o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). A liberação de GEE para a atmosfera acontece por processos, tais como: respiração das plantas e animais, decomposição de biomassa vegetal morta, matéria orgânica do solo, combustão, e fermentação entérica dos animais (SMITH et al., 2014; IPCC, 2007). O metano, principal componente do gás natural, é produzido a partir da fermentação anaeróbica de matéria orgânica (YUSUF et al., 2012). Este gás de efeito estufa é importante, pois possui potencial de aquecimento global 23 vezes superior ao CO_2 (IPCC, 2007), e pode permanecer por aproximadamente 12 anos na atmosfera (IPCC, 2006).

Dentre as atividades agropecuárias, a criação de ruminantes é responsável por grande parte da emissão de GEE, especialmente o CH_4, devido à sua digestão fermentativa ruminal e entérica. Esta emissão contribui efetivamente para o aquecimento global por ser um dos principais GEE. As estimativas demonstram que os ruminantes produzem, aproximadamente, 80 milhões de toneladas de CH_4, representando 26% da emissão antrópica global deste gás (BEAUCHEMIN et al., 2008).

Segundo o Relatório de Estimativas Anuais de GEE no Brasil (MCTI, 2014), a contribuição da agropecuária na emissão nacional de GEE em CO_2 eq foi de 37%, em 2012, composta pela emissão de metano em 62,0%, seguida pela emissão de óxido nitroso de 38%. Ainda, de acordo com o relatório, 75% das emissões de CH_4 são provenientes da fermentação entérica de bovinos de corte, 12% de bovinos de leite e 3% de outros animais (pequenos ruminantes, bubalinos, equídeos e suínos). Vale ressaltar, que os sistemas pastoris no Brasil são responsáveis por 41% das emissões diretas de metano, e esta é considerada a maior contribuição dentro da categoria (MCTI, 2014). Neste ponto, destaca-se que os pequenos ruminantes, apesar de pouco expressivos nas emissões de metano brasileira, possuem menor potencial emissor quando avaliados em kg de CH_4 por kg de carne em relação aos bovinos (GERBER

et al., 2013; OPIO et al., 2013), por conseguinte os pequenos ruminantes tornam-se uma alternativa interessante para agropecuária de baixo carbono brasileira.

Segundo Cottle et al. (2011), existem três opções de mitigação de CH_4 entérico: modificações na população microbiana do rúmen ou do ambiente gastrintestinal, fatores inerentes ao próprio animal (genética, raça) e relativos ao sistema produtivo. Dentre as estratégias, as modificações na dieta (nutricionais) proporcionam efeitos a curto prazo na mitigação do metano entérico. Isto porque a emissão de metano entérico varia de acordo com a quantidade e qualidade do alimento ofertado (PEDREIRA e PRIMAVESI, 2008). Berchielli et al. (2012) e Martin et al. (2009) relatam que o potencial de mitigação está diretamente relacionado com a maior ingestão de energia, e com substâncias capazes de manipular o ambiente ou os micro-organismos ruminais, diminuindo a produção de metano. Neste contexto, insere-se a suplementação alimentar, pois esta aumenta a ingestão de energia pelos animais e diminui o pH ruminal, criando um ambiente desfavorável para micro-organismos metanogênicos. Além de elevar a relação propionato:acetato, o que reduz a disponibilidade de H_2 no rúmen (MACHADO et al., 2011).

Ainda, estudos de emissão de gases em sistema de produção em pastagens demonstram que fatores como intensidade de pastejo e sua distribuição espaço-temporal, sequestro de carbono da pastagem e o impacto da produção animal alteram e aumentam a variabilidade dessas emissões (SAVIAN et al., 2014).

Como a produção de metano varia conforme a quantidade e a qualidade do alimento digerido, as diversas modalidades e condições de sistemas de criação de animais implicam em diferentes fatores de emissão. No Brasil, a maior parte dos estudos relacionados à emissão de GEE foi desenvolvida em bovinos, necessitando de mais pesquisas com ovinos. Portanto, o desafio é conhecer e estabelecer estratégias de manejo de sistemas de produção em pastagens, com maior potencial de mitigação de GEE.

Desta forma, objetivou-se avaliar as emissões de metano em sistemas de terminação de cordeiros, com desmame e suplementação concentrada e sem desmame e sem suplementação, em pastagens de verão no Sul do Brasil.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa e Produção de Ovinos e Caprinos (LAPOC), localizado na Fazenda Experimental do Cangüiri, pertencente à Universidade Federal do Paraná, no município de Pinhais - PR. As coordenadas geográficas centrais aproximadas são: 25°23'30"S de latitude e 49°07'30" W de longitude. O período experimental foi de novembro de 2013 a fevereiro de 2014.
O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é o Cfb, caracterizado por apresentar precipitação média anual de 1400 mm, temperatura mínima média de 12,5°C e temperatura máxima média de 22,5°C. O solo é mapeado como Latossolo Vermelho Amarelo, de textura argilosa, com relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com medidas repetidas no tempo, com dois tratamentos e quatro repetições (piquetes). Os tratamentos foram: (1) cordeiros desmamados e suplementados com ração concentrada a 2% do peso corporal (PC) ao dia no pós-desmame até o abate; e (2) cordeiros sem desmame e sem suplementação até o abate. Utilizou-se 24 cordeiros e 12 ovelhas, sendo, três cordeiros testes por repetição, em ambos os sistemas, e mais três ovelhas em lactação por piquete, no sistema sem desmame e sem suplementação. As ovelhas não foram suplementadas. O fator de bloqueamento dos tratamentos foi a data de nascimento dos cordeiros.

No início do período experimental, os cordeiros provenientes do cruzamento das raças White Dorper x Suffolk, apresentavam, em média, 21,7 ± 0,8 kg de PC e 75,3 ± 1,3 dias de idade, todos oriundos de partos gemelares, sendo, 12 machos não castrados e 12 fêmeas. As ovelhas pesaram, em média, 65,3 ± 2,4 kg de PC. Os animais foram adaptados durante 15 dias aos sistemas em pastagem. A suplementação foi composta de concentrado proteico energético, ofertado a 2% PC e composto por 40% de farelo de soja, 40% de grão de milho moído, 15% de farelo de trigo, 2% de suplemento mineral, 2,5% de calcário calcítico e 0,5 de sal comum. O suplemento foi fornecido uma vez ao dia às 15h00m, e os ajustes de oferta do concentrado foram realizados em intervalos de 21 dias, com base no peso pós-jejum

(16 h) dos cordeiros. O suplemento concentrado apresentou a seguinte composição química: 24,3% de proteína bruta (PB); 2,2% de extrato etéreo (EE); 7,12% de matéria mineral (MM); 1,54% de cálcio (Ca); 0,58% de fósforo (P); 20,94% de fibra em detergente neutro (FDN); 5,54% de fibra em detergente ácido (FDA); e 76% de nutrientes digestíveis totais (NDT). A energia metabolizável estimada foi de 2,75 $Mcal.(kg.MS)^{-1}$.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFPR para determinação dos valores brutos (totais) de: proteína bruta, cálcio e fósforo, conforme descrito por Silva (1990), e fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, conforme proposto por Van Soest et al. (1991). Para estimativa dos nutrientes digestíveis totais, foram utilizadas fórmulas descritas por Kearl (1982). A energia metabolizável (EM) foi medida pela relação (NDT%) × 0,03615.

A energia bruta (EB) foi predita de acordo com Baumont et al. (2007):

- Para o cálculo de EB de forragens verdes a base de gramíneas:

EB (Kcal/kg MO) = 4531 + 1,735 PB (g/kg MO) – 71 (6)

(N = 166; R^2 = 0,89; dpr = 38)

- Para o cálculo da EB de concentrados (misturas):

EB (Kcal/kg MO) = 5,7 PB + 9,57 GB + 4,24 (MO – PB – GB) (7)

(N = 83; R^2 = 0,83; dpr = 67)

Obs: valores em $g.kg\ MO^{-1}$

A pastagem utilizada, durante o período experimental, constituiu-se por mistura predominante de *Cynodon sp* (Tifton-85) e *Paspalum spp,* seguido de espécies como *Lolium multiflorum* (Azevém) e *Pennisetum clandestinum* (Quicuio). O método de utilização da pastagem foi de lotação contínua, mantendo-se os animais testes nos piquetes e utilizando-se animais reguladores para ajustar a lotação, de acordo com a técnica "put and take" (MOTT & LUCAS, 1952). Os ajustes foram realizados a cada 21 dias, visando manter a oferta de massa de forragem verde, em 12 kg MS.100 kg $PC^{-1}.dia^{-1}$. Foram utilizados oito piquetes, sendo quatro com área de 0,2 ha para o sistema com cordeiros desmamados e suplementados, e quatro com 0,5 ha para o

sistema com ovelhas e cordeiros lactentes. A oferta de forragem foi calculada de acordo com a seguinte equação (6), conforme descrito por Savian et al. (2014):

$$\text{Oferta (\%)} = \frac{((MF/n) + TA)}{(CA \times 100)} \quad (8)$$

Onde MF= massa de forragem; n= número de dias do ciclo de pastejo; TA= taxa de acúmulo diário; CA= carga animal.

Mensurou-se a altura da pastagem por meio de bastão medidor (*swardstick*), conforme descrito por Barthram (1986), a cada 21 dias, totalizando 5 avaliações durante o período experimental. A altura do pasto, definida por Hodgson (1990) como a altura média das lâminas foliares, foi medida do nível do solo até a curvatura da folha mais alta do dossel, sem comprimí-la. Nos piquetes com 0,2 ha, foram aferidos 40 pontos, e nos piquetes com 0,5 ha, 80 pontos. A Biomassa total, massa de forragem (kg de MS.ha^{-1}) e a taxa de acúmulo de MS (kg de MS.dia.ha^{-1}) foram também mensuradas em quatro avaliações. A cada avaliação, definiram-se duas áreas de 0,1m², com altura e composição botânica, semelhantes entre si e à média do piquete. Em uma das áreas era alocada gaiola de restrição de pastejo, e uma dessas áreas era cortada, pesada e seca em estufa a 55ºC, até atingir peso constante, e então, pesada novamente, obtendo-se o teor de matéria seca da forragem colhida (%MS e kg MS.ha^{-1}, respectivamente). Após 21 dias, cortou-se uma amostra de 0,1m² de dentro da gaiola de restrição de pastejo. A taxa de acúmulo de matéria seca, também obtida por média de duas amostras, foi a diferença entre o material colhido dentro e fora da gaiola (anterior) dividido pelo número de dias entre as duas avaliações (Campbell, 1969). Novamente, selecionaram-se duas áreas com altura e composição botânica, semelhantes à média do piquete, sendo uma para a nova alocação da gaiola, e a outra, para corte. A massa de forragem resultou do corte de duas amostras por piquete.

O ganho de peso médio diário individual (GMD) foi determinado com base na pesagem dos cordeiros, a cada avaliação com intervalo de 21 dias, sempre após jejum de sólidos de 16 horas. O ganho de PC por área foi calculado pela multiplicação do ganho médio diário individual dos cordeiros testes, pela taxa de lotação média de cordeiros por unidade de área (número de cordeiros.ha^{-1}.dia^{-1}), durante o período experimental. Nos dias de pesagens, também se realizava a avaliação do grau de infecção parasitária, por meio do método FAMACHA (BATH et al, 2001). Animais com grau FAMACHA igual ou superior a três eram tratados Dovenix® MERIAL.

O consumo de forragem dos sistemas de produção de cordeiros foi mensurado pela técnica do de n- alcanos, segundo Dove & Mayes et al., (1991). As estimativas de consumo foram obtidas usando péletes do alcano dotriacontano (C_{32}) de 38,5 mg em média, na primeira avaliação que foi de 05 a 13 de dezembro de 2013, e de 40,8 mg em média na segunda avaliação, ocorrida de 17 a 26 de janeiro de 2014. As avaliações ocorreram com intervalo onde cordeiros e ovelhas foram dosados durante 10 dias, duas vezes ao dia, às 7:30 h e 17:30 h. A partir do 5º dia do início de cada período de avaliação coletou-se amostras de fezes, diretamente da ampola retal dos animais, durante 5 dias e armazenadas em freezer, separadas por turno (manhã e tarde), animal e dia de coleta. As amostras de fezes foram secas em estufa de ventilação forçada a 60ºC, moídas em peneira de 1 mm e compostas por animal e período. Para obtenção da amostra de forragem consumida pelos animais, utilizou-se a técnica do pastejo simulado (DE VRIES, 1995) entre os dias 7 e 10 dos períodos de dosificação e coleta de fezes.

Os n-alcanos foram extraídos da forragem e fezes, segundo o protocolo proposto por Dove e Mayes (2006), adaptada para a utilização das colunas descritas por Oliveira & Tedeschi (2010).

Após extraídos e secos, os eluatos foram redissolvidos em 0,25 ml de n-heptano e analisados por cromatografia gasosa com o equipamento Clarus 580 (PerkinElmer, Inc., Walthan, MA, EUA) equipado com auto-sampler e detector por ionização em chama (FID).

Após obtenção dos dados, calculou-se as concentrações de cada n-alcano em $mg.kg^{-1}$ de MS de alimentos e fezes. Como marcador externo utilizou-se o C_{32} dosado e o marcador interno eleito, devido a sua maior concentração na pastagem, foi o C_{31}. Para o cálculo do CMS dos animais mantidos exclusivamente a pasto, foi utilizada a equação (3) apresentada por Mayes et al. (1986), e para os animais do sistema que receberam suplementação em pastagem utilizou-se a equação (4) adaptada descrita por Perez Ramirez et al. (2008), como descrito no capítulo 2.

As emissões de CH_4 foram quantificadas por meio da técnica proposta por Johnson et al. (1995), empregando marcador hexafluoreto de enxofre (SF_6), adaptada por Primavesi et al. (2004), com modificações para a determinação em pequenos ruminantes, descritas por Meister (2013). As cápsulas de permeação foram previamente calibradas com emissão de 2,189 $mg.dia^{-1}$ ± 0,063 foram administradas

via oral antes do início das coletas em 20/12/2013. As adaptações incluem redução do tamanho da canga coletora dos gases, responsável pela condução dos mesmos para o interior do cilindro coletor.

As avaliações foram realizadas em dois períodos: 09 a 15 de janeiro, e 05 a 11 de fevereiro de 2014. A técnica consistiu na implantação de cápsula liberadora de SF_6 no interior do rúmen de cada animal. A taxa de liberação do gás da cápsula de permeação é conhecida antes da inserção do traçador no rúmen. A coleta do ar foi realizada por meio de cilindros de PVC, previamente esvaziados a vácuo, com tubo capilar ajustado à cabeça do animal. Abriu-se a válvula, fixada ao cilindro, de modo a iniciar a coleta do ar em torno das narinas do animal, a uma taxa constante de aspiração. O sistema foi calibrado para 48 horas de período de coleta, durante seis dias consecutivos, e antes e depois da coleta a pressão dos tubos foi aferida com utilização de manômetro digital. A regulagem do tempo de amostragem foi realizada, variando-se o diâmetro do tubo capilar, cuja vazão determinou-se com auxílio de fluxômetro de gases. Adicionalmente, alocaram-se dois tubos para coleta de ar atmosférico na área experimental, definindo-se os valores como padrão (brancos) na realização dos cálculos.

Assumiu-se que o padrão de emissão de SF_6 simulava o padrão de emissão de CH_4. Após a coleta, o recipiente foi pressurizado com nitrogênio, e as concentrações do metano e do SF_6 foram determinadas por meio de cromatografia gasosa (CG - Shimadzu 14-A, modelo "Greenhouse"), equipado com injetores acoplados a duas válvulas automatizadas, detectores de ionização de chama "FID" (para a leitura de metano) e de captura de elétrons "ECD" (para a leitura do SF6). Três padrões de misturas de CH_4 e SF_6 foram utilizados para calibrar o cromatógrafo a gás e acompanhar o seu desempenho em intervalos de 5-20 ppm e 30-1000 ppt, para CH_4 e SF_6, respectivamente. Essas análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LANA), da Universidade Estadual Paulista – FCAV/UNESP – campus Jaboticabal, SP.

Após as leituras em cromatografia, as concentrações de CH_4 e SF_6 foram corrigidas para diluição. A partir da taxa conhecida de liberação do SF_6 no rúmen, das concentrações de CH_4 e do SF_6 nas amostras de gás coletadas, o fluxo de metano liberado pelo animal foi calculado em relação ao fluxo de SF_6, conforme descrito na equação (5):

$$Q\ CH_4 = \frac{Q\ SF_6 \times (CH_4 - C\ CH_4B)}{(SF_6 - SF_6B)} \quad (9)$$

Onde: Q CH_4 é a taxa de emissão de metano em g.dia; Q SF_6 é a taxa de liberação do SF_6 da cápsula de permeação; CH_4 e SF_6 são as concentrações medidas no tubo coletor; CH_4B e SF_6B são as concentrações medidas no tubo coletor "branco".
As emissões foram expressas em gramas diárias ($g.dia^{-1}$) e, para cálculo por kg de PC, considerou-se o a emissão de metano diária sobre o GMD de cada período de avaliação. Também se calculou a emissão, em quilogramas de metano por área (ha). Para o cálculo da energia perdida na forma de metano considerou-se o valor de 13,334 Kcal de energia bruta por grama de CH_4 (KAHARABATA, et al. 2000).

Para a análise estatística foram utilizados os modelos mistos, com uso do software estatístico R versão 3.3.3 (R Core Team, 2017). Foram utilizados os pacotes "MASS", "STATS" e "NLME" (VENABLES & RIPLEY, 2002). Nas análises de oferta de forragem, emissão de metano, consumo total de forragem e produção animal, foram utilizados os modelos de medidas repetidas no tempo, incluindo as repetições e os períodos como efeitos aleatórios; os sistemas de produção de cordeiros foram incluídos como efeito fixo. Para analisar os componentes botânicos, somente as repetições foram consideradas como efeitos aleatórios e os períodos, tratamentos e a interação foram considerados como efeitos fixos. A normalidade de distribuição dos resíduos foi analisada e quando necessário, os dados foram transformados a fim de se maximizar a verossimilhança perfilhada do parâmetro a ser estimado. As transformações em raiz quadrada (emissão de CH_4 em $g.dia^{-1}$; emissão de CH_4 $kg.ha^{-1}$; EB perdida em Kcal por gCH_4; massa de inflorescência) e logarítmica (composição botânica – outras espécies) foram utilizadas. As variáveis que não se adequaram aos pressupostos da análise de variância não foram analisadas. Os modelos foram selecionados com base no AIC (Akaike Information Criterion), e o teste de razão de verossimilhança foi utilizado para avaliar a significância da inclusão dos fatores fixos e aleatórios.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa média de forragem disponível (MF; TABELA 7) aos animais manteve-se adequada à produção de cordeiros, segundo Carvalho (2004), que recomenda para as condições do Sul do Brasil, cobertura mínima de 2.500 a 3.000 kg MS.ha^{-1} para animais em crescimento.

TABELA 7. BIOMASSA TOTAL, MASSA DE FORRAGEM E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA PASTAGEM DE VERÃO NOS DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS, FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS –PR.

Pastagem	Cordeiros desmamados e suplementados	Cordeiros sem desmame e sem suplementação	P
BT (kg.MS.ha^{-1})	4052±353,7	3742,1±326,9	0,071
MF (kg.MS.ha^{-1})	3163,0±330,0	2793,6±279,7	0,064
RFC	1,0±0,1	1,4±0,1	0,045
Folhas (kg.MS.ha^{-1})	1519,5±175,7	1552,3±183,5	0,680
Colmo+bainha (kg.MS.ha^{-1})	1562,6±177,2	1225,4±150,6	0,086
Inflorescência (kg.MS.ha^{-1})	118,0±121,4	99,14±20,8	0,680
Material senescente (kg.MS.ha^{-1})	847,9±121,4	952,4±95,6	0,854
Altura (cm)	21,0±1,3	18,1±1,4	0,008
TAC (kg.MS.ha^{-1}.dia^{-1})	44,8±11,0	51,3±9,6	0,590

BT= Biomassa Total; MF= Massa de Forragem ; RFC= Relação Folha:Colmo; TAC= Taxa de acúmulo.

A massa de colmos e a relação folha:colmo (P=0,0453) variaram em função do sistema de produção, porém não foram limitantes ao consumo de forragem. Isto porque, mesmo com a diferença encontrada na estrutura e composição morfológica das pastagens (altura e RFC; TABELA 7) a relação folha:colmo em todos os sistemas apresentaram valores iguais ou superiores a 1,0. De acordo com Pinto et al. (1994), o valor 1,0 pode ser considerado limite crítico para esta relação, sendo que valores inferiores implicariam em queda na qualidade da forragem.

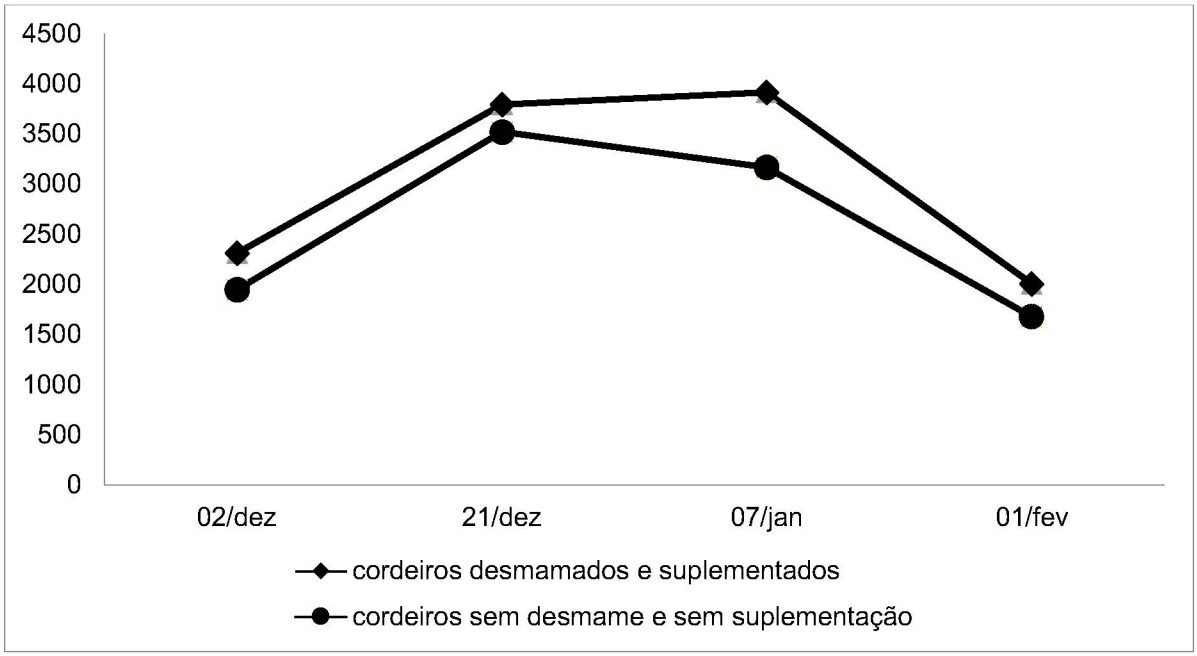
Possivelmente, a influência das ovelhas no pastejo e na desfolha no sistema sem desmame e sem suplementação determinou a maior RFC, devido às distintas estratégias de consumo de forragem entre cordeiros e ovelhas. De fato, a pouca

experiência na atividade de pastejo dos cordeiros desmamados resulta em aumento do tempo para seleção de dietas e diminuição da taxa de ingestão de forragem por cordeiros, ocasionando alterações nas características da pastagem, como maior acúmulo de colmos e maior altura do dossel forrageiro, quando pastejada exclusivamente por esta categoria (RIBEIRO et al., 2009). Também a altura média da pastagem no sistema sem desmame foi inferior (P=0,008; TABELA 7), confirmando a modificação na estrutura da pastagem, devido a presença da ovelha.

Ambos sistemas apresentaram alturas médias elevadas (21 e 18 cm) o que desfavorece a máxima taxa de ingestão. Gonçalves et al (2009), em estudo com campo nativo do Sul do Brasil (pastagens mistas), encontraram que a altura ideal do pasto para ovinos deve ser de aproximadamente 10 cm em condições de pastagem mista em campo nativo do Rio Grande do Sul. Ainda, Carvalho et al (2001) observou que a massa de bocado em ovinos declinou quando a altura do pasto aumentou juntamente com o tempo gasto no bocado. Este fenômeno é atribuído a seleção de lâminas foliares, pois estas estão mais dispersas em dosséis altos, resultando assim pequenos bocados com elevado tempo de formação e execução (MEZZALIRA et al , 2014). Fato este, que pode ter prejudicado o desempenho produtivo de ambos sistemas de terminação de cordeiros, com maior impacto no sistema sem desmame e sem suplementação devido a fonte de alimentos ser exclusivamente oriunda do pasto.

A pastagem apresentou alterações nas características produtivas e morfológicas, entre os dois períodos de avaliação de emissão de metano dos animais. Na avaliação realizada no mês de Janeiro, a massa de forragem (MF) era de 3546±285,5 kg $MS.ha^{-1}$, e em Fevereiro apresentou redução para 1728±161,0 kg $MS.ha^{-1}$ de MF(P=0,002; FIGURA 4). Apesar da redução da MF, a oferta manteve-se em torno de 12 kg MS por kg PC (12%), devido ao ajuste realizado com animais reguladores. No entanto, mesmo com a oferta mantida em nível moderado, componentes morfológicos como as lâminas foliares tinham disponibilidade limitante, abaixo de 1000 kg $MS.ha^{-1}$ (POLI et al. 2008), o que afetou o desempenho dos cordeiros.

FIGURA 4. MASSA DE FORRAGEM (MF) EM KG.MS.HA^{-1} DA PASTAGEM DE VERÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS, NA FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS –PR.



A composição botânica do pasto apresentou variação na massa de Tifton 85 (*Cynodon spp*); o sistema com cordeiros desmamados e suplementados tiveram massa de Tifton 85 superior em aproximadamente 625 kg.MS.ha^{-1} (P=0,026; TABELA 8). Ainda, o material senescente do pasto foi o único componente a apresentar variação no período (P=0,018), iniciando em Dezembro com 10,6±1,0% da biomassa total, aumentando a cada avaliação, e atingindo o ápice em Janeiro, com 21,5±2,6%, e finalizando em Fevereiro, com 20,5±3,9%. Portanto, com o decorrer do verão, o pasto se modificou indicando um estádio fenológico mais avançado em janeiro/fevereiro, o que pode ter influenciado a taxa de ingestão dos animais. Segundo Gonçalves (2007), a taxa de ingestão estaria diretamente relacionada às características do pasto e à sua influência sobre a velocidade de manipulação e ingestão da forragem disponível.

TABELA 8. COMPOSIÇÃO BOTÂNICA DO PASTO DE VERÃO NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS, FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS-PR.

Composição Botânica	Cordeiros desmamados e suplementados	Cordeiros sem desmame e sem suplementação	P
	kg.MS.ha^{-1}		
Tifton 85	1726±261,9	1121±143,9	0,026
Paspalum spp	1124±154,2	1061±193,2	0,775
Quicuio	232,6±124,4	450,0±186,4	*
Azevém	53,0±34,4	20,7±13,8	*
Outras espécies	211,4±77,0	253±88,0	0,842
Material senescente	551,6±52,6	643,2±123,8	0,376
	%		
Tifton 85	44,1±5,7	32,9±3,7	0,077
Paspalum spp	28,5±3,5	28,6±15,0	0,992
Quicuio	6,0±3,2	12,6±5,0	*
Azevém	1,8±1,1	0,8±0,5	*
Outras espécies	4,8±1,4	6,8±2,1	0,553
Material senescente	14,7±1,3	18,3±3,1	0,233

* Variável sem distribuição normal.

Com isso, a altura elevada do pasto, o aumento de material senescente em conjunto com a menor oferta de MF (FIGURA 4) e, consequentemente, menor oferta de Tifton 85 (TABELA 8), podem ter causado o baixo desempenho dos cordeiros sem desmame e que não recebiam a suplementação (TABELA 9). Segundo Carnevalli et al. (2001), o valor nutritivo da forragem de Tifton 85 (PB=15 a 21% e a digestibilidade da matéria orgânica in vitro (DIVMO) =77 e 85%) é compatível com ganhos de peso elevados tanto individualmente quanto por área, e estes, são fortemente influenciados pela disponibilidade diária de forragem. Ainda, Camargo et al (2012) afirmam que a estrutura do pasto é influenciada pelo manejo imposto, pelo estádio fenológico da planta e pela interação entre eles. A variação temporal na qualidade e na quantidade de forragem disponível é fisiológica, e, como consequência dessa variação, os herbívoros desenvolvem estratégias de pastejo, ao longo do ciclo do pasto, como um meio de compensar essas modificações. Portanto, o conhecimento dessas estratégias pode ser uma importante ferramenta para estabelecer um manejo de pastagens que permita otimizar a utilização da forragem e conferir eficiência ao sistema.

TABELA 9. DESEMPENHO ANIMAL INDIVIDUAL E POR ÁREA NOS DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGEM DE VERÃO, FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS –PR.

Produtividade	Cordeiros desmamados e suplementados	Cordeiros sem desmame e sem suplementação	P
GMD (kg de PC)	0,133±0,038	0,045±0,011	0,016
Carga cordeiros (kg.PC.dia^{-1})	1551±387,8	696,2±174,1	P<0,001
Taxa de lotação (cordeiros.ha^{-1})	57,9±14,5	25,9±6,5	P<0,001
Ganho de PC por ha.dia^{-1}	6,977±2,213	1,237±0,309	P<0,001

Essas variações em MF, na composição botânica e na estrutura da pastagem, também afetaram o desempenho das ovelhas em lactação, que mostraram perda média de peso de -0,165±0,05 kg de PC.dia^{-1} . Esta condição foi agravada pelo fato de todos os cordeiros serem oriundos de partos gemelares, o que segundo o NRC (2007) aumenta as exigências energéticas das ovelhas de 3,02 Mcal.dia^{-1} (ovelhas de 60 kg no meio da lactação, parto simples) para 3,70 Mcal.dia^{-1} (ovelhas de 60 kg no meio da lactação, parto gemelar) de energia metabolizável. Porém, um dos fatores relevantes para o baixo desempenho dos animais experimentais foram questões sanitárias, pois realizaram-se 65 vermifugações durante o período experimental utilizando o método FAMACHA como critério de tratamento, sendo apenas 10,8% cordeiros do sistema com desmame e suplementação; bem como, o tratamento de 25 episódios de diarreia (48% cordeiros desmamados e suplementados), quatro ovelhas com claudicação com indicativo de "Foot-rot" e três casos de linfoadenite caseosa, bem como, um caso de broncopneumonia em cordeiro do sistema sem desmame e sem suplementação.

Portanto, a suplementação concentrada influenciou os resultados de desempenho animal (TABELA 9) devido ao seu aporte energético e proteico, que possivelmente influenciou positivamente na imunidade dos cordeiros deste sistema. Segundo Sykes (2010) o desenvolvimento de uma resposta imune competente contra os nematodas está associado negativamente com deficiência nutricional oriunda de

anorexia e mudanças nas rotas metabólicas, questões essas levantadas, quando se busca o fortalecimento da resposta imune.

O contrário ocorreu no sistema sem suplementação e sem desmame, onde os cordeiros tiveram o seu desempenho prejudicado pelas questões sanitárias somadas às limitações de massa de forragem (MF) na pastagem (FIGURA 4). Destacando-se o final do período experimental, onde o material senescente representou mais de 20% da BT (P=0,018) em ambos os sistemas produtivos. Farinatti et al. (2006) e Reis et al. (2009) observaram que animais sob suplementação reduziram o consumo de forragem, possibilitando maior carga animal por hectare e maior ganho por área, e o mesmo pode ser observado neste estudo (TABELA 8).

Em ambos os sistemas, o comportamento seletivo inerente ao pastejo contínuo ficou nítido, pois a seleção se deu em busca de componentes ricos em nutrientes. Nota-se, pela composição química da pastagem colhida por simulação de pastejo (TABELA 10), bons valores nutricionais quando refere-se a proteína bruta (entre 17 a 19% PB; CARNEVALLI et al, 2001) e qualidade inferior, considerando-se os valores de FDN acima de 60% e FDA acima de 25% (VAN SOEST, 1994). Contudo, a qualidade da fibra foi condizente com o esperado para pastagens tropicais. Gramíneas forrageiras de clima tropical por se desenvolverem sob condições de alta temperatura, aumentam rapidamente os seus constituintes da parede celular (VAN SOEST, 1994). Ainda, De Paula et al. (2009) afirmaram que ovinos são seletivos do ponto de vista nutricional, preferindo folhas a caules, e material suculento, em detrimento ao seco.

TABELA 10. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA PASTAGEM DE VERÃO COLHIDA POR SIMULAÇÃO DE PASTEJO NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS, FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS-PR.

Composição química (%)	Cordeiros desmamados e suplementados	Cordeiros sem desmame e sem suplementação	P
Proteína Bruta	19,0±1,34	17,9±0,62	P=0,464
Extrato Etéreo	2,09±0,05	2,08±0,06	P=0,894
Matéria Mineral	5,60±0,08	5,80±0,11	P=0,0292
Cálcio	0,51±0,01	0,52±0,02	P=0,350
Fósforo	0,31±0,01	0,30±0,01	P=0,567

FDN	64,0±0,68	62,2±0,96	P=0,072
FDA	27,6±0,59	25,5±0,81	P=0,040

Apesar dos cordeiros de ambos os sistemas selecionarem alimentos na pastagem com bons valores nutricionais, os valores de FDA foram superiores (TABELA 10; P=0,040) e a relação folha:colmo foi inferior (TABELA 7; P=0,045) para cordeiros desmamados e suplementados. Este fato sugere que, no sistema sem desmame, a ação de pastejo realizada pela ovelha favoreça o acesso aos cordeiros a componentes das plantas mais ricos nutricionalmente. Silva et al (2012) observaram que, em sistemas de produção de cordeiros sem desmame, a presença das ovelhas promove alteração na composição morfológica da pastagem, ocasionando menor massa de colmos e tornando as folhas mais acessíveis ao pastejo pelos cordeiros. Em adição, os processos cognitivos de aprendizagem, inerentes ao comportamento ingestivo de herbívoros, incluem o uso da visão e do olfato para aprender com a mãe e os congêneres, além do método de tentativa e erro. O resultado líquido é a modificação do comportamento, que afeta a preferência, a seleção e a ingestão (PROVENZA et al., 2015). Apesar do potencial de aprendizado dos cordeiros, a influência das ovelhas não foi suficiente para incrementar o desempenho e o consumo de MS nestas condições experimentais.

O consumo diário de matéria seca de forragem dos cordeiros (% PC) foi diferente entre os sistemas produtivos (P= 0,003; TABELA 11). Os cordeiros sem desmame e sem suplementação ingeriram 2,7±0,2% contra 2,0±0,1% para os desmamados e suplementados. Contudo, independente do sistema, o consumo de forragem em % PC foi relativamente baixo (TABELA 11) quando comparado aos 3,25% do PC indicados pelo NRC (2007) para a categoria. O baixo consumo pode ter sido influenciado pelo alto teor de FDN consumido (TABELA 10), além das características estruturais mencionadas anteriormente. O teor de FDN constitui o componente químico do alimento volumoso que possui mais estreita correlação com o consumo, sendo que valores acima de 55 a 60% se correlacionam negativamente com o consumo de forragem (VAN SOEST, 1994). Apenas o sistema com cordeiros desmamados e suplementados conseguiram superar o consumo estimado pelo NRC (2007) para a categoria, devido ao consumo de concentrado, que em conjunto com o consumo de forragem totalizou 4,0% PC.

TABELA 11. CONSUMO DE MATÉRIA SECA, NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGENS DE VERÃO, FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS-PR.

Consumo	Cordeiros desmamados e suplementados	Cordeiros sem desmame e sem suplementação	
CMS Forragem (kg.MS.dia^{-1})	0,555±0,04	0,645±0,06	P=0,198
CMS Forragem (% PC)	2,01±0,10	2,72±0,17	P=0,034
CMS Total (kg.MS.dia^{-1})	1,091±0,06	0,645±0,06	P=0,008
Emissão g CH_4.kg CMS^{-1}	12,68±0,98	9,75±0,80	P=0,047
CEB na MO (kcal.dia^{-1})	4554±10,0	2873±10,2	P=0,002

*s GMD= ganho médio diário; CMS= consumo de matéria seca; CEB= Consumo de Energia Bruta; MO= Matéria Orgânica.

Em adição, a altura do pasto entre 21 e 18 cm pode ter contribuído para o menor consumo de forragem, principalmente levando em consideração que o gênero *Paspalum spp* representou mais de 28% da forragem consumida nos sistemas de produção de cordeiros estudados. Segundo Cruz et al. (2009), o aumento no tamanho das folhas de *Paspalum notatum* não ocasiona mudanças no conteúdo de matéria seca das folhas ou em sua área especifica, portanto, essa gramínea tende a priorizar o aumento em comprimento da lâmina foliar em detrimento de um aumento em largura, tornando as folhas mais finas e compridas, o que pode ter limitado o consumo de forragem.

Com relação as emissões de metano entérico, o sistema de produção de cordeiros sem desmame e sem suplementação (ovelhas+cordeiros; g.dia^{-1}) emitiu mais metano (P=0,002) em função da presença das ovelhas. Porém, é necessário considerar que as ovelhas cujos cordeiros foram desmamados, continuam dentro do sistema de produção, embora em outros piquetes, e portanto também deverão emitir metano.

Quando comparados os cordeiros, os desmamados e suplementados apresentaram maior emissão de CH_4 (P<0,001; TABELA 12). Autores relatam que as emissões em ovinos variam de 12,2 a 41,7 g.dia^{-1}, dependendo da pastagem e da categoria animal (PINARES-PATIÑO, 2003a e b; HAMMOND et al., 2011; ; HAMMOND et al., 2013; PATRA et al., 2014; SAVIAN et al., 2014). Os cordeiros sem desmame e sem suplementação apresentaram emissão inferior à literatura (5,9 ± 0,2 g.dia^{-1}; TABELA 12). Porém, esses cordeiros eram jovens (entre 4 e 6 meses de

idade), e os estudos supracitados iniciaram os experimentos com cordeiros a partir de 10 meses de idade. Além da idade dos cordeiros, os baixos níveis de emissão entérica encontrados neste trabalho podem ser justificados pelo sistema de pastejo contínuo que favorece o comportamento de seleção de alimento (BRISKE et al., 2008) em ovinos, especialmente para os cordeiros. Savian et al. (2014), observaram em dois experimentos com ovinos, menores emissões de metano entérico nos sistemas de pastejo contínuo em relação ao sistema rotativo, independentemente da intensidade de pastejo.

TABELA 12. EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO, NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGENS DE VERÃO, FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS-PR.

Emissão CH_4	Cordeiros desmamados e suplementados	Cordeiros sem desmame e sem suplementação	P
Cordeiros em $g.dia^{-1}$	13,4±0,8	5,9±0,2	P<0,001
Ovelhas em $g.dia^{-1}$	---	14,1±1,3	---
g CH_4.kg GMD^{-1} cordeiros	106,3±17,1	288,0±74,8	P=0,048
g $CH_4.ha^{-1}.dia^{-1}$ cordeiros	602,8±84,2	145,3±16,7	P<0,001
EB perdida. gCH_4^{-1} (kcal)	179,2±2,0	78,3±1,0	P<0,001
EB perdida. gCH_4^{-1} (%)	4,1±0,3	2,9±0,3	P=0,020

Os resultados de emissão bruta de metano (13,4±0,8 $g.dia^{-1}$) encontrados para os cordeiros desmamados e suplementados corroboram com Hammond et al. (2013), os quais observaram incremento de 187% na emissão de CH_4, em $g.dia^{-1}$, com o aumento da ingestão de MS, bem como Pinares-Patiño (2003a; e 2003b) e Savian et al. (2014), que encontraram correlação positiva entre ingestão de MS e emissão de metano $g.dia^{-1}$, para os ovinos. Com o maior consumo de MS (TABELA 10), os cordeiros desmamados e suplementados apresentaram ganhos superiores, tanto individualmente como por área; e em decorrência dessa maior ingestão, a emissão de $CH_4.ha^{-1}.dia^{-1}$ também foi superior (P<0,001; TABELA 11).

Destaca-se que, mesmo quando comparada a emissão por área, para os cordeiros lactentes e suas mães, ou seja, com as contribuições de emissão de ovelhas e cordeiros juntos, a emissão por área dos cordeiros desmamados e suplementados apresentou-se maior 602,8±84,2 contra 483,2 ± 42,4 g $CH_4.ha^{-1}.dia^{-1}$ das ovelhas + cordeiros (P=0,001). Esta condição ocorreu devido à alta taxa de lotação em cordeiros

que o sistema com cordeiros desmamados suportou (57,9±14,5); pois mesmo com a presença das ovelhas com taxa de lotação igual a 13,5±2,5 ovelhas.ha^{-1}, a emissão do sistema com cordeiros desmamados se manteve maior. Amaral et al (2016) avaliaram cordeiros em pastagem de milheto sob 4 níveis de adubação nitrogenada e também obtiveram maior emissão de metano por hectare conforme o aumento da taxa de lotação, independentemente das emissões individuais em g.dia^{-1}.

A emissão de metano dos cordeiros por kg de matéria seca consumida, apesar de diferir entre os sistemas (P=0,047) pode ser considerada baixa, considerando a qualidade da pastagem (12,7 e 9,7. gCH_4.kg MS^{-1}). Amaral et al (2016), em pastagens de milheto, encontraram variação entre 15,4 a 17,3 gCH_4. kgCMO^{-1}, e Savian (2016) encontrou 39,5 a 45,7 gCH_4.kgCMO^{-1} para cordeiros em sistemas de produção em pastagens de azevém, submetidos a diferentes métodos de pastejo. Ainda, os cordeiros desmamados e suplementados tiveram o concentrado como estratégia para diminuir a emissão de metano entérica individual. Entretanto, para que haja uma diminuição sustentável da produção de CH_4, recomenda-se que seja analisado o uso combinado de várias estratégias de alimentação, de acordo com espécies animais, dieta basal e os custos dos suplementos propostos (MARINO et al., 2015).

Apesar do incremento no CMS total ser devido à suplementação concentrada, os cordeiros desmamados tiveram maior emissão de metano por kg de alimento ingerido (MS) (P=0,047; TABELA 11). Segundo Muetzel & Clark (2015), experimentos demonstraram que o CMS (kg.dia^{-1}) explicou 80% da variação na produção de CH_4 por animal (g.dia^{-1}); mesmo assim, desenvolveram uma equação para predição das emissões de metano entérico, em ovinos menores de 1 ano, levando em consideração também o consumo de energia metabolizável para maior acurácia do método. Nota-se que cordeiros desmamados e suplementados tiveram maior consumo de MS (P= 0,008) e de energia bruta (P=0,002) (TABELA 11). Porém, mais importante do que a emissão em relação à ingestão de MS e energia é a emissão de metano por unidade de produto final (kg PC).

Os cordeiros desmamados e suplementados tiveram ao redor de 4% da EB consumida, perdidos na forma de metano entérico; no caso do sistema sem desmame e sem suplementação, a perda foi de 3% da EB. Os resultados são condizentes com Johnson & Johnson (1995) que relataram perdas entre 2% a 12% da EB, e abaixo da média descrita pelo IPCC (2006) para bovinos de corte, bubalinos e ovinos de

aproximadamente 6,5%. Isso confirma as baixas emissões diárias encontradas para os cordeiros, nos dois sistemas de produção. Vale ressaltar, que as perdas por emissão de metano entérico foram maiores nos cordeiros desmamados e suplementados, apesar da suplementação concentrada e de seu possível potencial mitigador pela maior concentração de propionato e/ou queda de pH ruminal (BERCHIELLI et al., 2012; MACHADO et al, 2011; MARTIN et al., 2009).

O sistema com cordeiros desmamados e suplementados mostrou ser mais eficiente considerando a emissão por kg de ganho de peso diário, com 106±17,1 g CH_4.kg GMD^{-1} (P=0,048; TABELA 11) se comparado com os cordeiros do sistema sem desmame e sem suplementação (288±74,8 gCH_4.kgGMD^{-1}). O fator principal que influenciou este resultado foi o desempenho individual superior nos cordeiros desmamados e suplementados (TABELA 9; P=0,002), devido ao maior consumo de MS total (1,091±0,06 kg.MS.dia^{-1}; P=0,001) e ao efeito substitutivo parcial do consumo de forragem por concentrado, pois consequentemente estes cordeiros tiveram maior ingestão calórica e de nutrientes. Com isso, pode-se refletir sobre a possibilidade de que o aleitamento nesta fase da vida dos cordeiros e nestas condições da pastagem, em especial oriundos de partos gemelares, cuja produção de leite não tem efeito compensatório proporcional ao número de filhotes (CHURCH, 1984; RAMSEY et al., 1994), não trouxe benefícios perceptíveis ao desempenho animal.

Ainda, no sistema produtivo com suplementação concentrada houve baixa emissão de CH_4 por ganho de peso. Savian et al. (2014) avaliaram a emissão de cordeiros de 11 meses de idade média e 35±4 kg de PC, em sistemas de produção em pastagens de azevém (contínuo e rotativo) com diferentes intensidades de pastejo, e encontraram emissões que variaram de 164 a 215 g CH_4.kg GMD^{-1}, com GMD próximos aos encontrados neste trabalho (0,076 e 0,158 kg), porém estes resultados foram de animais desmamados, mais velhos e com a pastagem como fonte única de alimentação, fatores esses que podem ter causado a maior emissão por ganho médio diário quando comparados aos resultados deste experimento (TABELA 11).

Com isso, a conjunção do melhor GMD dos cordeiros desmamados e suplementados e com o possível auxílio na manipulação do ambiente ruminal pelo concentrado possibilitaram este resultado positivo na emissão de CH_4. Segundo Martin et al. (2009) está bem estabelecido que o aumento do nível de concentrado na dieta leva a redução das emissões de CH_4 em proporção a ingestão de energia ou

quando expresso por unidade de produto animal (leite e carne); neste caso, expresso pelo ganho de peso dos cordeiros.

No entanto, se consideradas as emissões de GEE relativas a produção do concentrado pela análise de ciclo de vida, o impacto na emissão de metano entérico do sistema com desmame e suplementação seria aumentado em todas as variáveis analisadas. Segundo Herrero et al. (2016), no setor pecuário, a produção de alimentos para animais emitem cerca de 45% dos GEE, usando a metodologia de análise de ciclo de vida preconizada pela Food an Agriculture Organization (FAO), sendo que metade dessas emissões são decorrentes da fertilização de culturas de grãos e pastagens. Portanto, uma visão mais holística de todo setor produtivo é necessária para avaliar o real potencial mitigador do uso de suplementos concentrados em sistemas de produção de cordeiros em pastagens.

Considerando o cálculo da emissão como CO_2 eq, os cordeiros desmamados e suplementados emitiram 2,445 kg de CO_2 eq.kgGMD^{-1} *versus* 6,224 kg CO_2 eq. GMD^{-1} dos cordeiros sem desmame e sem suplementação. Respostas similares ao sistema sem desmame e sem suplementação foram encontradas por Savian et al. (2014) com sistemas de cordeiros em pastagens com 5 kg CO_2 eq. GMD^{-1}, indicando o efeito da suplementação com concentrado na diminuição da emissão de metano entérico. Portanto, quanto mais eficiente for o sistema de produção, (TABELA 9), menor a emissão por quilograma de produto final.

Dentre as estratégias para redução da emissão de metano na pecuária, destaca-se a melhoria dos índices produtivos e reprodutivos (BERNDT et al, 2013; MARINO et al., 2015). Em sistemas de produção animal, ressalta-se o desempenho individual como componente "chave" para alcançar melhores resultados ambientais e sustentáveis em relação aos gases de efeito estufa. Os cordeiros desmamados e suplementados demonstraram ciclo produtivo mais curto, bem como maior ganho de peso por hectare, justificando, assim, sua menor emissão de metano entérico por unidade de produto final.

Assim, quando se busca a redução de emissão de metano entérico, através do melhor desempenho individual (SILVA et al., 2014), pode ser recomendada para o período de pós desmame dos cordeiros, a suplementação concentrada diária a 2% PC. A melhoria na qualidade da alimentação e, por consequência, a alteração da microbiota ruminal, permite maior retenção de energia pelo ruminante, diminuindo as

perdas por metano, o que proporciona melhor desempenho animal e, consequentemente, menor produção de metano por unidade de produto (BERNDT et al, 2013). Isso pode ser propiciado em sistemas de terminação em pastagens, onde o manejo da forragem e a utilização de suplementos são usados para maximizar a produção. Porém, o impacto da produção deste concentrado na emissão de GEE deve ser avaliado antes de aplicar seu uso como estratégia de mitigação na produção de cordeiros em pastagens.

4.6 CONCLUSÕES

Ambos os sistemas de produção de cordeiros apresentaram baixos índices de emissão de metano. O sistema de produção com cordeiros desmamados precocemente e suplementados com concentrado proteico energético durante o período pós desmame mostrou melhores índices produtivos tanto individuais como por área; portanto, esta estratégia mostrou-se mais eficiente na intensificação da produção de cordeiros em pastagens mistas, com destaque à menor emissão de metano entérico por unidade de produto final.

O desempenho animal e consumo de MS foram os fatores de influência para redução da emissão de metano entérico por kg de produto final, em cordeiros criados no Sul do Brasil, em pastagens mistas, com predominância de *Cynodon spp* (Tifton-85) e *Paspalum spp*.

4.7 REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. A.; ALMEIDA, E. X.; RAUPP, G. T.; MIGUEL, M. F.; DE LIZ , D. M.; CARVALHO, P. C. F.; BAYER, C.; RIBEIRO-FILHO, H. M. N. Short communication: Herbage intake, methane emissions and animal performance of steers grazing dwarf elephant grass v. dwarf elephant grass and peanut pastures. **Animal,** p.1-5, 2016.

BARTHRAM, G.T. **Experimental techniques: the HFRO sward stick**. Penicuik: Hill Farming Research Organization, . p.29-30. (Biennal Report 1984-1985), 1986.

BATH, G.F.; HANSEN, J.W.; KRECEK., R. C. ; VAN WYK, J. A.; VATTA, A. F. **Sustainable approaches for managing haemonchosis in sheep and goats**. FAO (Technical Cooperation Project No TCP/SAF/8821A), FAO, 89p. Rome, 2001.

BAUMONT, R., J.-P. DULPHY, D. SAUVANT, F. MESCHY, J. AUFRÈRE, AND J.-L. PEYRAUD. **Valeur alimentaire des fourrages et de matières premières: tables et prevision.** *In* Alimentation des bovins, ovins et caprins: Besoins des animaux - Valeurs des aliments. Éditions Quae, Paris. 149–179, 2007.

BERCHIELLI, T. T.; MESSANA, J. D.; CANESIN, R. C. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, n.4, p. 954-968, 2012.

BERNDT, A.; SOLÓRZANO, A. R. S.,; SAKAMOTO, L. S. **Pecuária de corte frente à emissão de gases de efeito estufa e Estratégias diretas e indiretas para mitigar a emissão de Metano**. In: VI Simpósio de Nutrição de Ruminantes – Nutrição de precisão para sistemas intensivos de produção de carne: Alto desempenho e baixo impacto ambiental/ Anais. Botucatu. p. 3-19. 2013.

BERNDT, A.; TOMKINS, N. W. Measurement and mitigation of methane emissions from beef cattle in tropical grazing systems: a perspective from Australia and Brazil. **Animal**, Cambridge, v. 7, n. 2, p. 363–372, 2013.

BEAUCHEMIN, K. A., KREUZER, M.; O'MARA, F.; MCALLISTER, T. A. Nutritional management for enteric methane abatement: A review. **Australian Journal of Experimental Agriculture** . v. 48 p.21–27, 2008.

BEUKES, P.C., GREGORINI, P.; ROMERA, A.J.; LEVY, G.; WAGHORN, G.C. Improving production efficiency as a strategy to mitigate greenhouse gas emissions on pastoral dairy farms in New Zealand. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 136(3-4):358–65, 2010.

BRISKE, D.D., DERNER, J.D.; BROWN, J.R.; FUHLENDORF, .; S.D.; TEAGUE, K.M., HAVSTAD, W.R.; GILLEN, R.L.;, ASH, A.J.; WILLMS, W.D. Rotational grazing on rangelands: reconciliation of perception and experimental evidence. **Journal of Range Ecological Management**. v. 61, p. 3–17, 2008.

CAMPBELL, A.G. Grazed pasture parameters. Pasture dry matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cow. **Journal of Agricultural Science**.v.67. n.2. p.199-210, 1966.

CARNEVALLI, R. A.; SILVA, S. C.; FAGUNDES, J. L.; SBRISSIA, A. F.; CARVALHO, C. A. B.; PINTO, L. F. M.; PEDREIRA, C. G. S. Desempenho de ovinos e respostas de pastagens de Tifton 85 (*Cynodon spp*) sob lotação contínua. **Scientia Agrícola**, v.58, n.1, p.7-15, 2001.

CARVALHO, P.C. DE F., MARC¸AL, G.K., RIBEIRO FILHO, H.M.N., POLI, C.H.E.C., TRINDADE, J.K., OLIVEIRA, J.O.R., NABINGER, C. **Pastagens altas podem limitar o consumo dos animais.** In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 38. Esalq, Piracicaba. Anais. . . Piracicaba, p. 265–268, 2001.

CARVALHO, P.C.F. Manejando pastagens para ovinos. In: PEREIRA NETO, O.A.; MÓRLAN, J.B.; CARVALHO, P.C.F. et al. (Eds.) **Práticas em ovinocultura – ferramentas para o sucesso**. Porto Alegre: SENAR, p.15-28. 2004.

COTTLE, D. J.; NOLAN, J. V.; WIEDEMANN, S. G. Ruminant enteric methane mitigation: a review. **Animal Production Science**, Melbourne, v. 51, p. 491–514, 2011.

CRUZ, P.; QUADROS, F.; THEAU, J.P. FRIZZO, A.; JOUANY, C.; DURU, M.; CARVALHO, P. C. F. Leaf traits as functional descriptors of the intensity of continuous grazing in native grasslands in the south of Brazil. **Rangeland Ecology and Management**, v. 63, p. 350-358, 2010.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2.ed. Brasília, Embrapa Produção de Informação, 306p, 2006.

GERBER, P.J., STEINFELD, H., HENDERSON, B., MOTTET, A., OPIO, C., DIJKMAN, J., FALCUCCI, A., TEMPIO, G. **Tackling Climate Change Through Livestock—A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities**. FAO, Rome, 2013.

HAMMOND, K.J.; J.L., BURKE,; J.P., KOOLAARD; S., MUETZEL; C.S., PINARES-PATIÑO; G.C., WAGHORN. Effects of feed intake on enteric methane emissions from sheep fed fresh white clover (Trifolium repens) and perennial ryegrass (Lolium perenne) forages. **Animal Feed Science and Technology**. v. 179 p.121-132, 2013.

HAMMOND, K.J., S.O., HOSKIN, J.L., BURKE, G.C., WAGHORN, J.P., KOOLAARD, S., MUETZEL. Effects of feeding fresh white clover (Trifolium repens) or perennial ryegrass (Lolium perenne) on enteric methane emissions from sheep. **Animal Feed Science Technology**. V. 166–167, p.398–40, 2011.

HART, K.J., P.G., MARTIN, P.A., FOLEY, D.A., KENNY, T.M., BOLAND. 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.

HENDERSON, B.B., GERBER, P.J., HILINSKI, T.E., FALCUCCI, A., OJIMA, D.S., SALVATORE, M., CONANT, R.T. Greenhouse gas mitigation potential of the worlds grazing lands: Modeling soil carbon and nitrogen fluxes of mitigation practices. **Agriculture, Ecosystems and Environment.** 207, 91–100, 2015.

HERRERO, M. et al. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. **Nature Climate Change**, London, v.6, mayo, p. 452–461, 2016.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. New York: John Wiley & Sons. 1990. 203p.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.** Hayama: Institute for Global Environmental Strategies Vol 1–5, 2006.

IPCC. Climate Change 2007: **Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Geneva, Switzerland, IPCC, 2007, p.104.

JOHNSON, D.E., T.M., HILL, G.M., WARD, K.A., JOHNSON, M.E., BRANINE, B.R., CARMEAN, D.W., LODMAN. Ruminants and other animals. **In: Khalil, M. (Ed.), Atmospheric Methane: Sources, Sinks, and Role in Global Change**. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany, 1993. pp. 199–229.

KAHARABATA, S.K.; SCHUEPP, P.; DESJARDINS, R.L. Estimating Methane Emissions from Dairy Cattle Housed in a Barn and Feedlot Using an Atmospheric Tracer. **Environment Science and Technology**, v.34, n.15 p. 3296-3302, 2000.

KEARL, L.C. **Nutrient requirements of ruminants in developing countries**. International Feedstuff Institute. Logan: Utah State University, 381p., 1982.

LASCANO, C.E.; CÁRDENAS, E. Alternatives for methane emission mitigation in livestock systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.175-182, 2010, (supl. Especial).

MACHADO, F.S.; PEREIRA, L. G. R.; GUIMARÃES JUNIOR, R; LOPEZ F. C. F; CHAVES, A.V.; CAMPOS, M.M.; MORENZ, M.J.F. **Emissões de metano na pecuária: conceitos métodos de avaliação e conceitos de mitigação**. Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite, , 92p., 2011. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/37077/1/Doc-147-Emissoes-metano.pdf . Acesso em: 23 de maio de 2017.

MARINO, R.; ATZORI, A. S.; D`ANDREA, M.; IOVANE, G.; TRABALZA-MARINUCCI, M.; RINALDI, L. Climate change: Production performance, health issues, greenhouse gas emissions and mitigation strategies in sheep and goat farming. **Small Ruminant Research.** p.1-10, 2015.

MARTIN, C.; MORGAVI, D. P.; DOREAU, M. Methane mitigation in ruminants: from microbes to the farm scale. **Animal**, v. 4, n. 3, p. 351- 365, 2009.

McNAIR, H. M. ; BONELLI, E. J. **Basic Gas Chromatography**. Consolidated Printers, Berkeley, Califórnia, p. 209, 1968.

MEISTER, N. C. **Produção de metano em caprinos sob pastejo**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, campus Jaboticabal.: 108p. 2013. Disponível em http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106615/meister_nc_dr_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y . Acesso em: maio de 2017.

MEZZALIRA, J.C., CARVALHO, P.C.F., FONSECA, L., BREMM, C., CANGIANO, C., GONDA, H.L., LACA, E.A.. Behavioural mechanisms of intake rate by heifers grazing swards of contrasting structures. **Applied Animal Behaviour Science**. v. 153, p.1–9, 2014.

MOTT, G.O.; H.L., LUCAS. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. **In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGREES**, 6., 1952, State College. Proceedings... State College: Pensylvania State College Press. p.1380-1385, 1952.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Small Ruminants**: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids. Washington, D.C.: National Academies Press. 384 p., 2007.

OLIVEIRA, D.E.; TEDESCHI, L. O. Comparing plastic syringes and disposable columns to extract n-alkanes in forage and concentrate feeds. **Ciência Rural**, v. 40, n. 8, p. 1844–1847, 2010.

OPIO, C. et al. **Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013.

PAULA, E. F. E. DE ; STUPAK, E. C. ;,ZANATTA C.P. ; PONCHEKI, J. ; LEAL, P.C.; MONTEIRO, A. L. G. . Comportamento ingestivo de ovinos em pastagens: uma revisão. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, p. 42-49, 2009.

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.

PEDREIRA, S.M; PRIMAVESI, **O. Atuações zootécnicas para a adequação ambiental na bovinocultura.** In: Anais Zootec, ABZ: Paraíba , 2008.

PHETTEPLACE, H. W.; JOHNSON, D. E.; SEIDL, A. F. Greenhouse gas emissions from simulated beef and dairy livestock systems in the United States. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 60, p. 99–102, 2001.

PINARES-PATIÑO, C. S., ULYATT, M. J. ; LASSEY, K. R. ; BARRY, T. N. ; HOLMES, C. W. Rumen function and digestion parameters associated with differences between sheep in methane emissions when fed chaffed lucerne hay. **Journal of Agriculture Science.** v.140, p. 205–214, 2003a.

PINARES-PATIÑO, C.S., ULYATT, M. J. ; WAGHORN, G.C.; LASSEY, K. R. ; BARRY, T. N. ; HOLMES, C. W.; JOHNSON, D.E. Methane emission by alpaca and sheep fed on Lucerne hay or grazed on pastures of perennial ryegrass/white clover or birdsfoot trefoil. **Journal of.Agriculture Science.** v.140, p.215–226, 2003b.

PINTO, J.C.; GOMIDE, J.A.; MAESTRI, M. Produção de matéria seca e relação folha:caule de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.3, p.313-326, 1994.

PROVENZA, F.D., GREGORINI, P., CARVALHO, P.C.F. Synthesis: foraging decisions link plants, herbivores and human beings. **Animal Production Science** v. 55, p. 411-425, 2015.

REIS, R.A., RUGGIERI, A.C., CASAGRANDE, D.R, PÁSCOA, A.G. Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.147-159 (supl. especial), 2009.

RIBEIRO, T.M.D.; MONTEIRO, A.L.G.; POLI, C.H.E.C., MORAES, A., SILVA, A.L.P., BARROS, C.S. Características da pastagem de azevém e produtividade de cordeiros em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38 , n.3, p. 580-587,2009

SAVIAN, J. V. ***Rotatinuous stocking*: an innovation in grazing management based on animal behaviour and implications to pasture production, foraging behaviour, herbage intake and methane emission by grazing sheep.** Tese (Doutorado em Zootecnia) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 183 p., 2016.

SAVIAN, J.V.; B.A., NETO; B.D., DAVID; C., T.M.R., BREMM; SCHONS; M.C.T. GENRO,; A.G., AMARAL; J., GERE; M.C., MCMANUS; C., BAYER; F.C.P. CARVALHO. Grazing intensity and stocking methods on animal production and methane emission by grazing sheep: Implications for integrated crop–livestock system. **Agriculture, Ecosystems and Enviroment.** v.190, p. 112-119, 2014.

SILVA, C. J. A..; R.S., FERNANDES; B.G.M., SILVA; G.L.A., MONTEIRO; C.E.H.C., POLI; R.O., PRADO; C., MCMANNUS; S., GILVERTE. Early weaning and concentrate supplementation strategies for lamb production on Tifton-85 pasture. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.43(8): p.428-435, 2014.

SILVA , M.G.B.; MONTEIRO, A.L.G.; FERNANDES, S.R., SILVA, C.J.A, CRUZ, T.A., SALGADO, J.A., KOWALSKI, L.H. , COSTA.C. Desmame precoce e a suplementação com alimentos concentrados de cordeiros e seus efeitos sobre as características morfológicas da pastagem e consumo de forragem. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias,** v. 107 p. 57-62, 2012.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa,. 165p. 1990

SMITH, P.; M., BUSTAMANTE; H., AHAMMAD; H., CLARK; H. DONG; E.A., ELSIDDIG; H., HABERL,; R, HARPER.; J.,HOUSE; M., JAFARI;. O., MASERA; C., MBOW; N.H., RAVINDRANATH; C.W., RICE; C., ROBLEDO ABAD; A., ROMANOVSKAYA; F., SPERLING, F., TUBIELLO. Agriculture, Forestry and Other

Land Use (AFOLU). **In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. p.823, 2014.

SYKES A. R. Host immune responses to nematodes: benefit or cost? Implications forfuture development of sustainable methods of control. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v. 39, p. 376-382, 2010.

UNTZ, G.; TRANCHANT, J. **Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse: détecteur à ionization de flame**. 3 ed., Paris: Masson, 72p., 1982.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca, New York: Cornell. 1994, 476p.

VAN SOEST, P.J.; J.B., ROBERTSON; B.A ., LEWIS. Methods for dietary fiber, and no starch polysaccharides in relation animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3587, 1991.

VENABLES, W.N.; RIPLEY, B.D. **Modern Applied Statistics with S**. 4 ed. Springer-Verlag New York. 2002.

YUSUF O. R.; Z.Z., NOOR; H.A., ABBA; A.A.M., HASSAN; M.F.M, DIN. **Methane emissions by sectors: A comprehensive review of emission sources and mitigation methods.** Renewable and Sustainable Energy Reviews. v. 16 p. 5059-5070, 2012.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de produção de cordeiros em pastagens com desmame precoce e suplementação concentrada revelou resultados produtivos positivos, tanto no ganho individual como por área. Esse resultado se deve principalmente ao maior consumo de MS e de nutrientes com alto valor nutricional provenientes da ingestão da forragem e do suplemento concentrado.

No entanto, em pastagens mistas de verão, com qualidade nutricional inferior, os cordeiros desmamados e suplementados, mesmo mostrando melhores índices produtivos, não obtiveram resultados compatíveis quando em pastagens de azevém e Tifton-85, durante a primavera. Provavelmente fatores como a heterogeneidade e as diferenças estruturais da pastagem de verão influenciaram esse resultado, bem como, as condições sanitárias de pressão de infecção do ambiente foram mais desafiadoras.

A suplementação concentrada fornecida aos cordeiros provavelmente provocou decréscimo do pH ruminal, razão principal pela qual dietas com inclusão de concentrado resultam em menores produções de metano entérico. Isto porque ocorre o aumento da produção de propionato e lactato causando grande impacto sobre a redução na produção de metano. O excesso de H_2 no rúmen é eliminado pelas bactérias metanogênicas, principalmente do gênero *Archae,* utilizando-o para reduzir CO_2 e formar CH_4 . De acordo com o balanço estequiométrico do rúmen, a produção de acetato e de butirato promovem maior produção de CH_4 pela maior produção de H_2 do que as moléculas de propionato e lactato. Além disso, a queda de pH ruminal é deletéria para as bactérias metanogênicas e protozoários ruminais diminuindo significativamente a sua população.

O uso de suplementação concentrada em sistemas pastoris mostrou que, em intensidade de pastejo moderado, a suplementação a 2% PC, pode aumentar o consumo total de MS e, com isso, refletir em melhores índices produtivos, podendo ter efeito na redução das emissões de metano entérico sem causar danos perceptíveis a digestão da fibra no rúmen .No entanto, sempre que se optar pela utilização de um suplemento concentrado como estratégia de redução da emissão de gases de efeito

estufa, deve-se priorizar insumos disponíveis na propriedade e região, ou considerar o impacto ambiental intrínseco a elaboração do produto, analisando todo o seu ciclo de vida, para que realmente seja viável a sua utilização para este fim.

Outro aspecto importante a ressaltar é que, ao não utilizar as ovelhas no sistema, abre-se a possibilidade do descanso das matrizes e preparação rápida para monta, facilitando a implantação de programas acelerados de parições. Com isso, a possibilidade de melhorar índices reprodutivos somados ao abate de cordeiros jovens produzidos em pastagens poderão trazer maior eficiência para a pecuária ovina de corte.

6 REFERÊNCIAS GERAIS

ADAMI, P. F.; PITTA, C.S.R.; SILVEIRA, A. L. F; PELISSARI, A.; HILL, J. A. G. , ASSMANN, A. L.; FERRAZA, J. M. Comportamento ingestivo, consumo de forragem e desempenho de cabritas, alimentadas com diferentes níveis de suplementação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.2, p. p. 220-227, 2013.

AMARAL, G. A.; DAVID, D.B.; GERE, J.I.; SAVIAN, J.V; KOHMANN, M.M.; NADIN, L.B.; SÁNCHEZ CHOPA, F.; BAYER, C.; CARVALHO, P.C.F. Methane emissions from sheep grazing pearl millet (Penissetum americanum (L.) Leeke) swards fertilized with increasing nitrogen levels. **Small Ruminant Research**, Amsterdan, v. 141, p. 118–123, 2016.

AMARAL, M.F., MEZZALIRA, J.C., BREMM, C., DA TRINDADE, J.K., GIBB, M.J., SUÑE, R.W.M., CARVALHO, P.C.F. Sward structure management for a maximum short-term intake rate in annual ryegrass. **Grass Forage Science** v.68, p.271–277, 2013.

ANDRADE, E. A.; ALMEIDA, E. X.; RAUPP, G. T.; MIGUEL, M. F.; DE LIZ , D. M.; CARVALHO, P. C. F.; BAYER, C.; RIBEIRO-FILHO, H. M. N. Short communication: Herbage intake, methane emissions and animal performance of steers grazing dwarf elephant grass v. dwarf elephant grass and peanut pastures. **Animal,** p.1-5, 2016.

ARGO, F.; MULLER, L.D.; KOLVER, E.S.; DELAHOY, J.E. Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.1-42, 2003.

BARROS, C. S.; DITTRICH, J. R.; MONTEIRO, A. L. G.; PINTO, S.; WARPECHOWSKI, M. B. Técnicas para estudos de consumo de alimentos por ruminantes em pastejo: revisão. ***Scientia Agraria Paranaensis***. v. 9, n. 2, p. 5-24, 2010.

BARTHRAM, G.T. **Experimental techniques: the HFRO sward stick**. Penicuik: Hill Farming Research Organization, . p.29-30. (Biennal Report 1984-1985), 1986.

BATH, G.F.; HANSEN, J.W.; KRECEK., R. C. ; VAN WYK, J. A.; VATTA, A. F. **Sustainable approaches for managing haemonchosis in sheep and goats**. FAO (Technical Cooperation Project No TCP/SAF/8821A), FAO, 89p. Rome, 2001.

BEAUCHEMIN, K. A., KREUZER, M.; O'MARA, F.; MCALLISTER, T. A. Nutritional management for enteric methane abatement: A review. **Australian Journal of Experimental Agriculture** . v. 48 p.21–27, 2008.

BERCHIELLI, T. T.; MESSANA, J. D.; CANESIN, R. C. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, n.4, p. 954-968, 2012.

BERCHIELLI, T.T.; OLIVEIRA , S.G.; GARCIA, A.V. Considerações sobre os principais indicadores utilizados em estudos de nutrição com ruminantes. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia ,** v.8 , n.2, p.205-211, 2005.

BERNDT, A.; SOLÓRZANO, A. R. S.,; SAKAMOTO, L. S. **Pecuária de corte frente à emissão de gases de efeito estufa e Estratégias diretas e indiretas para mitigar a emissão de Metano**. In: VI Simpósio de Nutrição de Ruminantes – Nutrição de precisão para sistemas intensivos de produção de carne: Alto desempenho e baixo impacto ambiental/ Anais. Botucatu. 2013, p. 3-19.

BERNDT, A.; TOMKINS, N. W. Measurement and mitigation of methane emissions from beef cattle in tropical grazing systems: a perspective from Australia and Brazil. **Animal**, Cambridge, v. 7, n. 2, p. 363–372, 2013.

BEUKES, P.C., GREGORINI, P.; ROMERA, A.J.; LEVY, G.; WAGHORN, G.C. Improving production efficiency as a strategy to mitigate greenhouse gas emissions on pastoral dairy farms in New Zealand. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 136(3-4):358–65, 2010.

BOLAND, H.T.; SCAGLIA, G.; NOTTER, D.R.; ROOK, A.J.; SWECKER JR, W.S.; ABAYE, O. A. Diet composition and dry matter intake of beef steers grazing tall fescue and alfafa. **Crop Science,** v. 52, p.2817-2825, 2012.

BOVAL, M.; DIXON, R. M. The importance of grasslands for animal production and other functions: a review on management and methodological progress in the tropics. **Animal,** Cambridge, v. 6, n. 5, p. 748–762, 2012.

BRISKE, D.D., DERNER, J.D.; BROWN, J.R.; FUHLENDORF, .; S.D.; TEAGUE, K.M., HAVSTAD, W.R.; GILLEN, R.L.;, ASH, A.J.; WILLMS, W.D. Rotational grazing

on rangelands: reconciliation of perception and experimental evidence. **Journal of Range Ecological Management**. v. 61, p. 3–17, 2008.

CAMARGO, D.G., ROCHA, M.G, KOLOSKY, G.V., ELELJADE, D.G., BREMM, C., POTTER, L., ROSA, A.T.N., OLIVEIRA NETO, R.A. Consumo de forragem por cordeiras suplementadas em pastagens de milheto. **Ciência Rural,** Santa mAria v.39 p. 509-514, 2009.

CAMPBELL, A.G. Grazed pasture parameters. Pasture dry matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cow. **Journal of Agricultural Science**.v.67. n.2. p.199-210, 1966.

CARNEVALLI, R. A.; SILVA, S. C.; FAGUNDES, J. L.; SBRISSIA, A. F.; CARVALHO, C. A. B.; PINTO, L. F. M.; PEDREIRA, C. G. S. Desempenho de ovinos e respostas de pastagens de Tifton 85 (*Cynodon spp*) sob lotação contínua. **Scientia Agrícola**, v.58, n.1, p.7-15, 2001.

CARVALHO, P. C. F. Harry Stobbs Memorial Lecture : Can grazing behavior support innovations in grassland management ? **Tropical Grasslands,** Brisbane, v. 1, p. 137–155, 2013.

CARVALHO, P.C. DE F., MARC ̧AL, G.K., RIBEIRO FILHO, H.M.N., POLI, C.H.E.C., TRINDADE, J.K., OLIVEIRA, J.O.R., NABINGER, C. **Pastagens altas podem limitar o consumo dos animais.** In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 38. Esalq, Piracicaba. Anais. . . Piracicaba, p. 265–268, 2001.

CARVALHO, P.C.F. Manejando pastagens para ovinos. In: PEREIRA NETO, O.A.; MÓRLAN, J.B.; CARVALHO, P.C.F. et al. (Eds.) **Práticas em ovinocultura – ferramentas para o sucesso**. Porto Alegre: SENAR, 2004. p.15-28.

CARVALHO, P.C.F.; DA TRINDADE, J.K.; MEZZALIRA, J.C. et al. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38:109-122, 2009.

CARVALHO, P.C.F.; KOSLOSKY, G.V.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; REFFATTI, M.V.; GENRO, T.C.M.; EUCLIDES, V.P.B. Avanços metodológicos do consume de ruminantes em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v. 36 (suplemento

especial), p.151-170, 2007.

CARVALHO, P.C.F.; TRINDADE, J.K.; MEZZALIRA, J.C. et al. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta-animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.38, p.109- 122, 2009 (supl. especial).

CEPEA. **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada.** Piracicaba-SP. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/ovinos.aspx. Acesso em: 27 de agosto de 2017.

CERRI et. al. Brazilian greenhouse gas emissions: The importance of agriculture and livestock. **Scientiae Agricola.** Piracicaba:Brasil, November/December, v.66, n.6, p.831-843, 2009.

CHARMLEY, E.; WILLIANM, S.R.O.; MOATE, P.J.; HEGARTY, R.S.; HERD, R.M.; ODDY, V.H.; REYENGA, P.; SATAUNTON, K.M.; ANDRESON, A.; HANNAH, M.C. A universal equation to predict methane production of forage-fed cattle in Australia. **Animal Production Science**, Melbourne, v. 56, p. 169–180, 2016.

CHEN, W.; SCOTT, J.M; BLAIR, G.J. et al. Using plant cuticular alkanes to study plant-animal iteration on pastures. **Canadian Journal of Animal Science**, v.79, n.4, p.553-556, 1999.

COTTLE, D. J.; NOLAN, J. V.; WIEDEMANN, S. G. Ruminant enteric methane mitigation: a review. **Animal Production Science**, Melbourne, v. 51, p. 491–514, 2011.

CORRÊA, G.F. et al. Produção e composição química do leite em diferentes genótipos ovinos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.936-941, 2006.

CRUZ, P.; QUADROS, F.; THEAU, J.P. FRIZZO, A.; JOUANY, C.; DURU, M.; CARVALHO, P. C. F. Leaf traits as functional descriptors of the intensity of continuous grazing in native grasslands in the south of Brazil. **Rangeland Ecology and Management**, v. 63, p. 350-358, 2010.

DE PAULA, E.F.E., STUPAK, E.C., ZANNATA, C.P., PONCHEKI, J.K.,LEAL, P.C., MONTEIRO, A.L.G. Comportamento ingestivo de ovinos em pastagens: uma revisão. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas,** v.4, p.42-51, 2009.

DE VRIES, M.F.W. Estimating forage intake and quality in grazing cattle: a reconsideration of the hand-plucking method. **Journal of Range Management**, 48:370- 375, 1995.

DERAMUS, H. A.; CLEMENT, T.C.; GIAMPOLA, D.D.; DICKISON, P.C. Methane emissions of beef cattle on forages: efficiency of grazing management systems. **Journal of environmental quality**, Madison, v. 32, p. 269–277, 2003.

DOVE, H. Using the n-alkanes of plant cuticular wax to estimate the species composition of herbage mixtures. **Australian Journal of Agricultural Research,** v.43**,** p. 1711-24, 1992.

DOVE, H.; MAYES, R.W. Plant wax components: a new approach to estimating intake and diet composition in herbivores. **Journal of Nutrition**, v.126, p.13-26, 1996.

DOVE, H.; MAYES, R.W. Protocol for the analysis of n-alkanes and other plant-wax compounds and for their use as markers for quantifying the nutrient supply of large mammalian herbivores. **Nature Protocols**, 1:1680-1697 , 2006.

DOVE, H.; MAYES, R.W. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores: A review. **Australian Journal of Agricultural Research,** v.42, p.913–952, 1991.

DOVE, H.; MOORE, A.D. Using a least-squares optimization procedure to estimated botanical composition based on the alkanes of plant cuticular wax. **Australian Journal of Agricultural Reaserch,** v. 46, p. 1535-1544, 1995.

DOVE, H.; MOORE, A.D. Using a least-squares optimization procedure to estimated botanical composition based on the alkanes of plant cuticular wax. **Australian Journal of Agricultural Reaserch,** v. 46, p. 1535-1544, 1995.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2.ed. Brasília, Embrapa Produção de Informação, 306p, 2006.

FAOSTAT, **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2014. Disponível em :http://faostat3fao.org/home/index.html. Acesso em : 29 de maio de 2017.

FERNANDES, S. R.; MONTEIRO, A. L .G; DITTRICH. R. L.; SALGADO, J.A.; SILVA, C. J. A.; SILVA, M. G. B; BELTRAME, O. C.; PINTO, P. H. N. Early weaning and concentrate supplementation on the performance and metabolic profile of grazing lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.41 , n. 45, p.1292-1300, 2012.

FONSECA, L., CARVALHO, P.C.F., MEZZALIRA, J.C., BREMM, C., GALLI, J.R., GREGORINI, P. Effect of sward surface height and level of herbage depletion on bite features of cattle grazing Sorghum bicolor swards. Journal of Animal Science. v.91, 4357–4365, 2013.

FORBES, J. M. **Voluntary food intake and reproduction.** The Proceedings of the Nutrition Society, Cambridge, v. 46, n. 2, p. 193–201, 1987.

FUKOMOTO, N.M.; DAMASCENO, J.C.; CÔRTES, C.; ROEHSIG, L.; REGO, F.C.A.; CECATO,U.; BRANCO,A.F. uso de n-alcanos na estimativa da composição botânica da dieta em ovinos alimentados com diferentes proporções de *Brachiaria decumbens Stapf* e *Arachis pintoi Koprovi* e *Gregory.* **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.36, n.4 **,** p.1147-1154, 2007 (supl.).

FUKOMOTO, N.M.; DAMASCENO, J.C.; ROEHSIG, L.; CORTÊS, C.; MATSUSHITA, M; SANTOS, G.T. Estimativas da digestibilidade e consumo de matéria seca em ovinos alimentados com feno de aveia e concentrado em resposta ao método de administração de alcano externo C_{32}. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.35, n.6, p. 2413-2420, 2006.

GERBER, P.J., STEINFELD, H., HENDERSON, B., MOTTET, A., OPIO, C., DIJKMAN, J., FALCUCCI, A., TEMPIO, G. **Tackling Climate Change Through Livestock—A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities**. FAO, Rome, 2013.

GONÇALVES, E.N., CARVALHO, P.C.F., KUNRATH, T.R., CARASSAI, I.J., BREMM, C., FISCHER, V. Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: processo de ingestão de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 38, p.1655–1662, 2009.

GORDON, I. J. Animal-based techniques for grazing ecology research. **Small Ruminant Research,** Amsterdan, v. 16, p. 203–214, 1995.

GRAINGER, C.; WILLIAMS, R.; ECKARD, R. J.; HANNAH, M. C. A high dose of monensina does not reduce methane emissions of dairy cows o offered pasture supplemented with grain. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 5300-5308, 2010.

HAMMOND, K.J., S.O., HOSKIN, J.L., BURKE, G.C., WAGHORN, J.P., KOOLAARD, S., MUETZEL,. Effects of feeding fresh white clover (Trifolium repens) or perennial ryegrass (Lolium perenne) on enteric methane emissions from sheep. **Animal Feed Science Technology.** V. 166–167, p.398–404, 2011.

HAMMOND, K.J.; J.L., BURKE,; J.P., KOOLAARD; S., MUETZEL; C.S., PINARES-PATIÑO; G.C., WAGHORN. Effects of feed intake on enteric methane emissions from sheep fed fresh white clover (Trifolium repens) and perennial ryegrass (Lolium perenne) forages. **Animal Feed Science and Technology.** v. 179 p.121-132, 2013.

HART, K.J., P.G., MARTIN, P.A., FOLEY, D.A., KENNY, T.M., BOLAND. 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.

HENDERSON, B.B., GERBER, P.J., HILINSKI, T.E., FALCUCCI, A., OJIMA, D.S., SALVATORE, M., CONANT, R.T. Greenhouse gas mitigation potential of the worlds grazing lands: Modeling soil carbon and nitrogen fluxes of mitigation practices. **Agriculture, Ecosystems and Environment.** 207, 91–100, 2015.

HERINGER, I.; CARVALHO, P. C. F. Ajustes de carga animal em experimentos de pastejo: Uma nova proposta. **Ciência Rural,** Santa Maria, v.32, n.4**,** p. 675-679, 2002.

HERRERO, M. et al. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. **Nature Climate Change**, London, v.6, mayo, p. 452–461, 2016.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. New York: John Wiley & Sons. 1990. 203p.

IPCC. **Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Geneva, Switzerland, IPCC, p.104, 2007.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change **Climate change and biodiversity**. Geneva, Switzerland, IPCC, p.86, 2002.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Rome, 2006.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change **Stabilization of atmospheric greenhouse gases: physical, biological and socio-economic implications.** Geneva, Switzerland, IPCC, p.61, 1997.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2007: the physical science basis**. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 2007.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.** Hayama: Institute for Global Environmental Strategies Vol 1–5, 2006.

JOBLIN, K. N. Ruminal acetogens and their potential to lower ruminant methane emissions. **Australian Journal Agricultural Research**, 1999, v. 50, n. 8, p. 1321-1327.

JOCHIMS, F.; PIRES, C.C.; GLIEBER, L.; BOLZAN, A. M. S.; DIAS, F. D.; GALVANI, D. G. Comportamento ingestivo e consumo de forragem por cordeiras em pastagem de milheto recebendo ou não suplemento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p. 572-581, 2010.

JOHNSON, D.E., T.M., HILL, G.M., WARD, K.A., JOHNSON, M.E., BRANINE, B.R., CARMEAN, D.W., LODMAN. Ruminants and other animals. **In: Khalil, M. (Ed.), Atmospheric Methane: Sources, Sinks, and Role in Global Change**. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany, pp. 199–229, 1993.

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

KAHARABATA, S.K.; SCHUEPP, P.; DESJARDINS, R.L. Estimating Methane Emissions from Dairy Cattle Housed in a Barn and Feedlot Using an Atmospheric

Tracer. **Environment Science and Technology**, v.34, n.15 p. 3296-3302, 2000.

KEARL, L.C. **Nutrient requirements of ruminants in developing countries**. International Feedstuff Institute. Logan: Utah State University, 381p., 1982.

KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R. A.; McCRABB, G. J. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. **The British journal of nutrition**, Cambridge, v. 81, p. 227–234, 1999.

LACA, E.A., DEMMENT, M.W. **Modelling intake of a grazing ruminant in a heterogeneous environment.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VEGETATION- HERBIVORE RELATIONSHIPS. Proceedings...Tochigi, p.57-76. 1992.

LASCANO, C. E.; CÁRDENAS, E. Alternatives for methane emission mitigation in livestock systems. **Revista Brasileira de Zootecnia,** 2010, v.39, p.175-182, (supl. Especial).

MACHADO, F.S.; PEREIRA, L. G. R.; GUIMARÃES JUNIOR, R; LOPEZ F. C. F; CHAVES, A.V.; CAMPOS, M.M.; MORENZ, M.J.F. **Emissões de metano na pecuária: conceitos métodos de avaliação e conceitos de mitigação**. Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite, 2011, 92p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/37077/1/Doc-147-Emissoes-metano.pdf . Acesso em: 23 de maio de 2017.

MACHMÜLLER, A. Medium-chain fatty acids and theeir potential to reduce methanogenesis in domestic ruminants. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.112, p.107-114, 2006.

MARINO, R.; ATZORI, A. S.; D`ANDREA, M.; IOVANE, G.; TRABALZA-MARINUCCI, M.; RINALDI, L. Climate change: Production performance, health issues, greenhouse gas emissions and mitigation strategies in sheep and goat farming. **Small Ruminant Research.** p.1-10, 2015.

MARTIN, C.; MORGAVI, D. P.; DOREAU, M. Methane mitigation in ruminants: from microbes to the farm scale. **Animal**, , v. 4, n. 3, p. 351- 365, 2009.

MC GEOUGH, E. J.; O`KIELY, P.; FOLEY, P. A.; HART, K. J.; BOLAND, T. M.; KENNY, D. A. Methane emissions, feed intake, and performance of finishing beef

cattle offered maize silages harvested at 4 different stages of maturity. **Journal of Animal Science,** Champaign, v. 88, p. 1479–1491, 2010.

McNAIR, H. M. ; BONELLI, E. J. **Basic Gas Chromatography**. Consolidated Printers, Berkeley, Califórnia, p. 209, 1968.

MEISTER, N. C. **Produção de metano em caprinos sob pastejo**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, campus Jaboticabal.: 108p. 2013. Disponível em http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106615/meister_nc_dr_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y . Acesso em: maio de 2017.

MERTENS, D.R. Digestibility and intake. In: **Forages. The science of grassland agriculture**. BARNES, R.F.; NELSON, C.J.; MOORE, K.J.; COLLINS, M (ed.). 6a ed. Ames: Iowa. Blackwell Publishing Ltd, v. 2. p.487-507, 2007.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JUNIOR, G. C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, p.450-493, 1994.

MEZZALIRA, J.C., CARVALHO, P.C.F., FONSECA, L., BREMM, C., CANGIANO, C., GONDA, H.L., LACA, E.A.. Behavioural mechanisms of intake rate by heifers grazing swards of contrasting structures. **Applied Animal Behaviour Science**. 153, 1–9, 2014

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. **Relatório de referência para o Inventário nacional de emissão de gases de efeito estufa por atividades agrícolas: emissão de metano proveniente da pecuária no Brasil**. Brasília, 2010.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO -MCTI. **Estimativas anuais de gases de efeito estufa no Brasil**. 2ª Edição, Brasília, 68 p., 2014.

MOHAMMED, N.; ONODERA, R.; ITABASHI, H.; LILA, Z.A. 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, p.301-311, 2004.

MONTEIRO, R.B.N.C. **Desenvolvimento de um modelo para estimativas da produção de gases de efeito estufa em diferentes sistemas de produção de bovinos de corte.** 75 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia com área de

concentração em Ciência Animal e Pastagens) - Unidade, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2009.

MOORBY, J. M. et al. Can live weight be used as a proxy for enteric methane emissions from pasture-fed sheep? **Scientific Reports**, London, v. 5, p. 1–9, 2015.

MOSS, A. R. **Methane***:* global warming and production by animals. Kingston: Chalcombe Publications, 105 p., 1993.

MOTT, G.O.; H.L., LUCAS. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. **In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGREES**, 6., 1952, State College. Proceedings... State College: Pensylvania State College Press. p.1380-1385, 1952.

MOTT, G.O.; LUCAS, H.L. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGREES, 6., 1952, State College. **Proceedings...**State College: Pensylvania State College Press, p.1380-1385, 1943.

MUETZEL S, CLARK H Methane emissions from sheep fed fresh pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research 58**, 472–489, (2015).

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Small Ruminants**: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids. Washington, D.C.: National Academies Press. 384 p., 2007.

O´HARA, P.; FRENEY, J.; ULYATT, M. **Abatement of agricultural non-carbon dioxide greenhouse gas emissions: a study of research requirements**. Report prepared for the Ministry of Agriculture and Forestry on Behalf of the Convenor, Ministerial Group on Climate Change, the Minister of Agriculture and the Primary Industries Council. New Zealand: Crown Copyright - Ministry of Agriculture and Forestry, 170p. 2003. Disponível em: <www.maf.govt.nz/publications>. Acesso em: 23 malo 2017.

OLIVEIRA, D.E.; PRATES, E.R. Utilização dos componentes das ceras das plantas, em especial os n-alcanos, em estudos de nutrição de ruminantes. **Ciência Rural,** Santa Maria, v. 30, n.3, p.549-557, 2000.

OLIVEIRA, D.E.; TEDESCHI, L. O. Comparing plastic syringes and disposable columns to extract n-alkanes in forage and concentrate feeds. **Ciência Rural**, v. 40, n. 8, p. 1844–1847, 2010.

OLIVEIRA, P. A. ; PEDROSO, A. de F.; ALMEIDA, R. G. de; FURLAN, S.; BARIONI, L. G.; BERNDT, A.; OLIVEIRA, P. A.; HIGARASHI, M.; MORAES, S.; MARTORANO, L.; PEREIRA, L. G. R.; VISOLI, M.; FASIABEN, M. do C. R.; FERNANDES, A. H. B. M.**Emissão de gases nas atividades pecuárias.** In: II Simpósio de Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais. V1- Palestras. Foz do Iguaçu/PR. 69-76p. 2011.

OPIO, C. et al. **Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013.

OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. **Ruminal fermentation**. In: CHURCH, D.C. (Ed). The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition. p. 145-171, 1993.

PAULA, E. F. E. DE ; STUPAK, E. C. ;,ZANATTA C.P. ; PONCHEKI, J. ; LEAL, P.C.; MONTEIRO, A. L. G. . Comportamento ingestivo de ovinos em pastagens: uma revisão. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, p. 42-49, 2009.

PEDREIRA, M.S.; OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T., PRIMAVESI, O. Aspectos relacionados com a emissão de metano de origem ruminal em sistemas de produção de bovinos . **Archives of Veterinary Science.** v.3, p. 24-32, 2005.

PEDREIRA, M.S.; PRIMAVESI, O. **Atuações zootécnicas para a adequação ambiental na bovinocultura.** In: Anais Zootec, ABZ: Paraíba , 2008.

PEDREIRA, M.S.; 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.

PENNING, P.D. **Animal based techniques for estimated herbage intake**. In: PENNING, P.D. Herbage intake Handbook. The British Grassland Society, p. 53-94, 2003.

PEREZ-RAMIREZ, E.; DELAGARDE, R.; DELABY, L. Herbage intake and behaviour adaptation of grazing dairy cows by restriciting time at pasture under two feeding regimes. **Animal**, v.2 n.9 p. 1384-1392, 2008.

PHETTEPLACE, H. W.; JOHNSON, D. E.; SEIDL, A. F. Greenhouse gas emissions from simulated beef and dairy livestock systems in the United States. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 60, p. 99–102, 2001.

PINARES-PATIÑO, C.S., ULYATT, M. J. ; WAGHORN, G.C.; LASSEY, K. R. ; BARRY, T. N. ; HOLMES, C. W.; JOHNSON, D.E. Methane emission by alpaca and sheep fed on Lucerne hay or grazed on pastures of perennial ryegrass/white clover or birdsfoot trefoil. **Journal of.Agriculture Science.** v.140, p.215–226, 2003a.

PINARES-PATIÑO, C.S., M.J., ULYATT, K.R., LASSEY, T.N., BARRY, C.W., HOLMES. Rumen function and digestion parameters associated with differences between sheep in methane emissions when fed chaffed lucerne hay. **Journal of Agriculture Science** v.140, p. 205–214, 2003b.

PINTO, J.C.; GOMIDE, J.A.; MAESTRI, M. Produção de matéria seca e relação folha:caule de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.3, p.313-326, 1994.

POLI, C. H. E. C.; MONTEIRO, A. L. G.; BARROS, C. S.; MORAES, A.; FERNANDES, M. A. M.; PIAZZETTA, H. P. V. L.; Produção de ovinos de corte em quatro sistemas de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.666-673, 2008.

PROVENZA, F.D., GREGORINI, P., CARVALHO, P.C.F. Synthesis: foraging decisions link plants, herbivores and human beings. **Animal Production Science** v. 55, p. 411-425, 2015.

RAMSEY, W.S. et al. Relationships among ewe milk production and ewe and lamb forage intake in Targhee ewes nursing single or twin lambs. **Journal of Animal Science,** Champaign, v.72, n.4, p.811-816, 1994.

REIS, R.A., RUGGIERI, A.C., CASAGRANDE, D.R, PÁSCOA, A.G. Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. **Revista**

Brasileira de Zootecnia, v.38, p.147-159 (supl. especial), 2009.

RIBEIRO, L., SILVA , M.G.B., MEIRELLES, P.R.L., FERNANDES, S.R., CRUZ, T.A., COSTA, C., CAVASSANO, F.A., KOWALSKI, L.H. Interação entre animais e plantas e a sua importância para o consumo de forragem. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias,** v.111, p. 5-13, 2012.

RIBEIRO, T.M.D.; MONTEIRO, A.L.G.; POLI, C.H.E.C., MORAES, A., SILVA, A.L.P., BARROS, C.S. Características da pastagem de azevém e produtividade de cordeiros em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38 , n.3, p. 580-587,2009.

RIVERA, A.R.; BERCHIELLI, T.T.; MESSANA, J.D.; VELASQUEZ, P.T.; FRANCO, A.V.M.; FERNANDES, L.B. Fermentação ruminal e produção de metano em bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85 e concentrado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.39, p.617-624, 2010.

SAVIAN, J. V. ***Rotatinuous stocking*: an innovation in grazing management based on animal behaviour and implications to pasture production, foraging behaviour, herbage intake and methane emission by grazing sheep.** Tese (Doutorado em Zootecnia) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 183 p., 2016.

SAVIAN, J.V.; B.A., NETO; B.D., DAVID; C., T.M.R., BREMM; SCHONS; M.C.T. GENRO,; A.G., AMARAL; J., GERE; M.C., MCMANUS; C., BAYER; F.C.P. CARVALHO. Grazing intensity and stocking methods on animal production and methane emission by grazing sheep: Implications for integrated crop–livestock system. **Agriculture, Ecosystems and Enviroment**. v.190, p. 112-119, 2014,.

SILVA , M.G.B.; MONTEIRO, A.L.G.; FERNANDES, S.R., SILVA, C.J.A, CRUZ, T.A., SALGADO, J.A., KOWALSKI, L.H. , COSTA.C. Desmame precoce e a suplementação com alimentos concentrados de cordeiros e seus efeitos sobre as características morfológicas da pastagem e consumo de forragem. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias,** v. 107 p. 57-62, 2012..

SILVA, C. J. A..; R.S., FERNANDES; B.G.M., SILVA; G.L.A., MONTEIRO; C.E.H.C., POLI; R.O., PRADO; C., MCMANNUS; S., GILVERTE. Early weaning and concentrate supplementation strategies for lamb production on Tifton-85 pasture. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.43(8): p.428-435, 2014.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa,. 165p. 1990

SILVA, M. G. B.; MONTEIRO, A. L. G.; FERNANDES, S. R.; SILVA, C. J. A.; CRUZ, T. A.; SALGADO, J. A.; KOWALSKI, L. H.; COSTA, C. Desmame precoce e a suplementação com alimentos concentrados de cordeiros e seus efeitos sobre as características morfológicas da pastagem e o consumo de forragem. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**. v. 107, n.581-582, p. 57-62, 2012.

SILVEIRA, M.F.; MACEDO, V.P.; BATISTA, R.; SANTOS, G.B.; NEGRI, R.; CASTRO, J.M.; SILVEIRA, A.P.; WLODARSKI, L. Comportamento ingestivo e desempenho produtivo de cordeiros mantidos em pastagem tropical e recebendo diferentes suplementações. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.67, n.4, p.1125-1132, 2015.

SMITH, P.; M., BUSTAMANTE; H., AHAMMAD; H., CLARK; H. DONG; E.A., ELSIDDIG; H., HABERL,; R, HARPER.; J.,HOUSE; M., JAFARI;. O., MASERA; C., MBOW; N.H., RAVINDRANATH; C.W., RICE; C., ROBLEDO ABAD; A., ROMANOVSKAYA; F., SPERLING, F., TUBIELLO. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). **In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. p.823, 2014.

SYKES A. R. Host immune responses to nematodes: benefit or cost? Implications forfuture development of sustainable methods of control. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v. 39, p. 376-382, 2010.

UNTZ, G.; TRANCHANT, J. **Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse: détecteur à ionization de flame**. 3 ed., Paris: Masson, 72p., 1982.

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. **Fermentacão ruminal.** In: Nutrição de ruminantes. Jaboticabal: FUNEPv.2, 161-189p., 2011.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca, New York: Cornell. 1994, 476p.

VAN SOEST, P.J.; J.B., ROBERTSON; B.A ., LEWIS. Methods for dietary fiber, and no starch polysaccharides in relation animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3587, 1991.

VENABLES, W.N.; RIPLEY, B.D. **Modern Applied Statistics with S**. 4 ed. Springer-Verlag New York. 2002.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; ST. PIERRE, N.R. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**., v.39, p.95-110, 1992.

WOLIN, M. J.; MILLER, T. L.; STEWART, C.S. Microbe-microbe interactions. In: HOBSON, P. N.; STEWART, C. S. **The rumen microbial ecosystem**. London: Blackie Academic & Professional. p. 467-491, 1997.

YUSUF O. R.; Z.Z., NOOR; H.A., ABBA; A.A.M., HASSAN; M.F.M, DIN. **Methane emissions by sectors: A comprehensive review of emission sources and mitigation methods.** Renewable and Sustainable Energy Reviews. v. 16 p. 5059-5070, 2012.

ZEN, S.; BARIONI, L.G.; BONATO, D.B.B.; ALMEIDA, M.H.S.P.; RITLL, T.F. **Pecuária de corte brasileira: impactos ambientais e emissões de gases efeito estufa** (GEE). 2008 Disponível: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea_Carbono_pecuaria_SumExec.pdf>. Acesso em: 03 de junho de 2017

ZHAO, Y. G.; CONNELL, N. E. O.; YAN, T. Prediction of enteric methane emissions from sheep offered fresh perennial ryegrass (Lolium perenne) using data measured in indirect open-circuit respiration chambers. **Journal Animal of Science**, Champaign, v. 94, p. 2425–2435, 2016.

ANEXO 1. DESCRIÇÃO COMPLETA DA METODOLOGIA UTILIZADA PARA EXTRAÇÃO E CROMATOGRAFIA DOS N-ALCANOS

O consumo de forragem dos sistemas de produção de cordeiros foi mensurado pela técnica do de n- alcanos, segundo Dove & Mayes et al., (1991). A partir do 5º dia do início de cada período de avaliação coletou-se amostras de fezes, diretamente da ampola retal dos animais, durante 5 dias e foram armazenadas em freezer, separadas por turno (manhã e tarde), animal e dia de coleta. As amostras de fezes foram secas em estufa de ventilação forçada a 60ºC, moídas em peneira de 1 mm e compostas por animal e período. Para obtenção da amostra de forragem consumida pelos animais, utilizou-se a técnica do pastejo simulado (DE VRIES, 1995) entre os dias 7 e 10 dos períodos de dosificação com o marcador externo C_{32} (Dotriacontano) e coleta de fezes.

Os n-alcanos foram extraídos da forragem e fezes, segundo o protocolo proposto por Dove e Mayes (2006), adaptada para a utilização das colunas descritas por Oliveira & Tedeschi (2010).

Essas metodologias têm a vantagem de serem mais baratas, uma vez que utilizam menos reagentes e não requerem a utilização de colunas descartáveis de sílica-gel. Para isso, o seguinte procedimento foi realizado: 1) 0,1 g de fezes ou 0,2 g de forragem foram pesadas em duplicata e 0,11g (0,162 ml) de solução contendo n-heptano e n-tetratriacontano (C_{34}; 0,3 $mg.g^{-1}$ de solução) adicionado a amostra com micropipeta; 2) realizou-se a saponificação com 1,5 ml (fezes) ou 2,0 ml (forragem) de solução etanólica de hidróxido de sódio (KOH) 1M em banho maria a 90°C por 16 horas; 3) efetuou-se a extração líquido-líquido com 1,5 ml (fezes) ou 2,0 ml (forragem) de n-heptano ou n-hexano (agitando delicadamente) e 0,4 ml (fezes) ou 0,6 ml (forragem) de água destilada (agitando vigorosamente), sendo a etapa do solvente (agitando vigorosamente) repetida na sequência; 4) realizou-se a extração sólido-líquido a partir da reconstituição do material da extração líquido-líquido em 0,3 ml de n-heptano ou n-hexano , filtração em colunas de sílica gel (70-230 mesh) suspensa em n-heptano volume de leito de 1 ml) adicionando 2,4 ml de n-heptano e secagem em capela de exaustão.

Após extraídos e secos, os eluatos foram redissolvidos em 0,25 ml de n-heptano e analisados por cromatografia gasosa com o equipamento Clarus 580

(PerkinElmer, Inc., Walthan, MA, EUA) equipado com auto-sampler e detector por ionização em chama (FID). Os n-alcanos foram separados em coluna capilar (PerkinElmer Elite-1, 100% Dimetil polissiloxano, com 30 m X 0,25mm e 0,25 µm de espessura de filme). O fluxo do gás carreador (nitrogênio) na coluna foi mantido a uma velocidade linear constante de 32 cm por segundo. Subamostras de 2 µl foram injetadas automaticamente pelo modo "*split*" (razão de 20:1) com temperatura de injeção de 280°C. A temperatura inicial da coluna, 200°C, foi mantida por 1 min, sendo então aquecida a uma taxa de 6°C.min^{-1} até a temperatura de final 310°C, que por fim era mantida por 15 minutos. Os gases da chama utilizados foram nitrogênio, hidrogênio e o ar sintético com taxas de fluxo de 30, 35 e 430 ml.min^{-1}, respectivamente; a temperatura do FID foi de 310°C. As áreas dos picos dos cromatogramas foram identificadas e integradas com a "workstation" TotalChrom® (versão 6.3) e as concentrações calculadas com base na quantidade de padrão interno (C_{34}) adicionado nas amostras pela Equação (7) (McNAIR e BONNELLI, 1968):

$$C_x = \frac{(((Q_p \times A_x) / (Fr_x \times A_p)) \times 1000)}{\text{Peso da amostra (g)}} \qquad (11)$$

Onde: C_x = n-alcano a ser identificado (mg); Q_p = quantidade de padrão interno na amostra (mg); A_x = área absoluta no cromatogramas do n-alcano a ser identificado; Fr_x = fator de resposta do n-alcano a ser identificado (EQUAÇÃO 8; UNTZ & TRANCHANT, 1982); A_p = área absoluta do padrão interno no cromatograma.

$$Fr_x = \frac{(n° \ C_n \ / \ \text{massa molecular} \ C_n H_{2n+2})}{(n° \ C_{34} \ / \ \text{massa molecular} \ C_{34}H_{70})} \qquad (12)$$

Onde: C_n = número de carbonos do n-alcano x; $C_n H_{2n+2}$= fórmula geral de qualquer n-alcano.