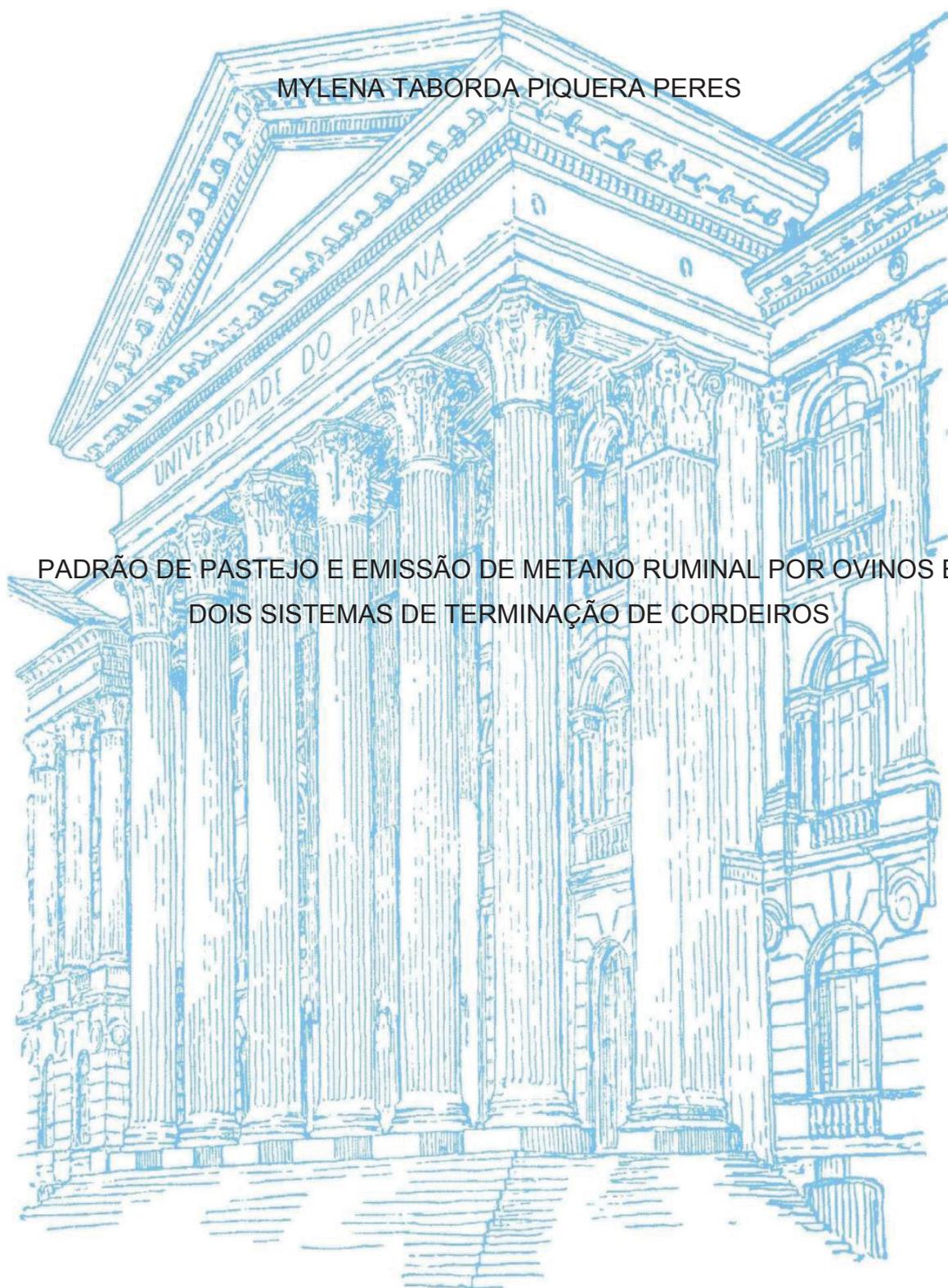


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MYLENA TABORDA PIQUERA PERES

PADRÃO DE PASTEJO E EMISSÃO DE METANO RUMINAL POR OVINOS EM
DOIS SISTEMAS DE TERMINAÇÃO DE CORDEIROS



CURITIBA

2018

MYLENA TABORDA PIQUERA PERES

PADRÃO DE PASTEJO E EMISSÃO DE METANO RUMINAL POR OVINOS EM
DOIS SISTEMAS DE TERMINAÇÃO DE CORDEIROS

Dissertação 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 Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)

Orientadora: Profa. Dra. Alda Lucia Gomes Monteiro

Co-orientadores: Prof. Dr. Henrique Mendonça Nunes
Ribeiro Filho

Prof. Dr. Leonardo Deiss

CURITIBA

2018

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)

P437p Peres, Mylena Taborda Piquera
Padrão de pastejo e emissão de metano ruminal por ovinos em
dois sistemas de terminação em pastagens / Mylena Taborda
Piquera Peres. - Curitiba, 2018.
78 f.: il., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor
de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia
- (Produção Vegetal).
Orientadora: Alda Lucia Gomes Monteiro
Coorientador: Henrique Mendonça Nunes Ribeiro Filho
Coorientador: Leonardo Deiss

1. Ovino - Criação. 2. Aquecimento global. 3. Efeito estufa
(atmosfera). I. Monteiro, Alda Lucia Gomes. II. Ribeiro Filho,
Henrique Mendonça Nunes. III. Deiss, Leonardo. IV. Título. V.
Universidade Federal do Paraná.

CDU 636.32/.38:551.52



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
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 dissertação de Mestrado de MYLENA TABORDA PIQUERA PERES intitulada: **PADRÃO DE PASTEJO E EMISSÃO DE METANO RUMINAL POR OVINOS EM DOIS SISTEMAS DE TERMINAÇÃO DE CORDEIROS**, 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 mestre 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, 11 de Abril de 2018.

ALDA LUCIA GOMES MONTEIRO
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

SÉRGIO RODRIGO FERNANDES
Avaliador Externo (UFPR)

HENRIQUE MENDONÇA NUNES RIBEIRO FILHO
Avaliador Externo (UDESC)

RAQUEL REIANE BONATO NEGRELLE
Avaliador Interno (UFPR)

*Dedico este trabalho a todas as pessoas
incríveis que estiveram em meu caminho e que,
com muito esforço, tornaram tudo possível.*

AGRADECIMENTOS

“*Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes*”. Esta citação de Isaac Newton define muito bem a importância das pessoas envolvidas neste trabalho e o tamanho da minha gratidão.

Nada disso teria acontecido sem a permissão de DEUS, ser supremo que me protege e me guia. A graça Dele se faz presente em todos os momentos da minha vida.

Não só pela vida que me deram, mas por terem me inculcado valores e por me tornarem quem sou, agradeço imensamente aos meus amores e companheiros de vida, Cristina e Cezar, meus pais amados!

Ao Wagner, que me faz sonhar, acreditar que tudo vai dar certo e enche meus dias de vida. Obrigada por cada momento especial e único. Eu te amo muito!

Agradeço imensamente aos meus familiares e amigos que, por dois anos, compreenderam os motivos de minha ausência em aniversários, nascimentos, batizados, falecimentos, datas comemorativas e eventos. Isto também é um pedido de desculpas a vocês.

À minha orientadora, Profa. Alda Lucia Gomes Monteiro, por sempre estar disposta a contribuir com o aprendizado e por ter ofertado todas as ferramentas que me permitiram chegar ao final deste ciclo. Obrigada por me fazer acreditar em mim mesma.

Ao meu co-orientador, Prof. Henrique Mendonça Nunes Ribeiro Filho, que me acolheu em Lages e, sempre com disposição e paciência, guiou-me e ensinou-me muito em mais um experimento. Foi um privilégio poder conviver com um Professor tão admirável.

Ao Prof. Leonardo Deiss, meu co-orientador que me auxiliou na finalização deste trabalho com extrema dedicação. É meu exemplo de cortesia e zelo.

Aos anjos que estavam presentes em todos os momentos e não me deixaram desistir. Este trabalho não existiria sem vocês. Além de profissionais brilhantes, vocês mostraram o real significado da palavra “amizade”. Não foram poucos os momentos de cansaço e de desânimo, mas sempre havia espaço para um sorriso, uma soneca ou um docinho.

Laura Faísca, você foi essencial em todas as etapas deste projeto. Obrigada por sempre ter uma palavra, um abraço ou um “bom dia” preparado para animar! Que a sua alegria seja sempre sua característica principal.

Ana Carolina Neves, eu te agradeço por toda serenidade, comprometimento e ótimas risadas a pasto. As intermináveis horas de Grid e a rotina Lapoqueana foram mais leves com tua presença... mas sem relatar em você!

Karla Duarte, conheci uma manauara e ganhei uma mana! Nós trilhamos todo o caminho do Mestrado juntas, compartilhando as dores e as alegrias. Eu nunca te deixarei cair... e você sempre será meu apoio para todas as horas.

Ao Rafael Batista, parceiro de experimento, viagens, stress, risadas... passamos por tanta coisa e, ao fim desses anos, minha sensação é de gratidão e de dever cumprido!

À Tehane Twardowski, que aceitou ‘adotar’ este projeto e se aventurar por uns meses na Serra Catarinense para tudo dar certo. Ao Elísio Debortoli, um exemplo de pessoa incrível e profissional.

Sou muito grata pela melhor equipe de trabalho que alguém pode ter. Todas as etapas de campo e de laboratório têm o suor e dedicação de cada um de vocês, Lapoqueanos: Ricardo Wilkzec Filho (e seu *sword stick*), Fernanda Gerhardt, Aline Milani, Julia Meirinho, Nicole Thomazi, Vanessa Knopp, Bhedlyn, Daiane Souza, Gabi Mesquita, Vanessa Chek, Júlia Castilhos, Rafa Kormann, Alexandre Coutinho, André Zambon, Paula Kruger e Dani Bolincenha.

Sempre escutei dizer que os amigos se conhecem nas dificuldades, e posso garantir a verdade dessa afirmação, pois a qualquer momento vocês se revelaram as MELHORES pessoas, equipe LAPOC!

À Amanda Faro e ao Cláudio Araújo que me auxiliaram e dividiram comigo conhecimentos valiosos. Meu agradecimento à Jacky Freitas Motta, que, mesmo em poucos dias, entrou na nossa rotina, tornou-se Lapoqueana e está no meu coração. Ao Thales Baggio, Breno Menezes e ao NITA pela força nos dias mais atarefados.

A todos os demais envolvidos, MUITO OBRIGADA!

“Em algum lugar, alguma coisa incrível está esperando para ser descoberta.”

Carl Sagan

RESUMO

Além do grande potencial de aquecimento global, as emissões de metano (CH₄) proveniente da digestão de ruminantes representam perdas de energia consumida pelos animais. No entanto, os ruminantes são apontados como uma das fontes de CH₄ passíveis de serem manipuladas. Objetivou-se avaliar como os diferentes sistemas de terminação interferem no padrão de ingestão de alimentos e na emissão de metano ruminal por ovinos. Entre Setembro e Novembro foram avaliados ovelhas e cordeiros em dois sistemas: (1) cordeiros desmamados aos 60 dias e suplementados com 2% do Peso Corporal (PC) em concentrado pós desmame até o abate; (2) cordeiros não desmamados e não suplementados até o abate. Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso com dois tratamentos (sistemas) e quatro repetições (piquetes). As ovelhas mães dos cordeiros desmamados foram avaliadas separadamente na mesma pastagem. A área experimental foi constituída de piquetes de 0,2 ha para o Sistema 1 e de 0,5 ha para o Sistema 2, com três animais de cada categoria por repetição. O PC e a idade inicial dos cordeiros do Sistema 1 foram de 32,63±2,66 kg e 133±9,18 dias, e no Sistema 2 foram de 31,68±2,20 kg de PC e 129±9,81 dias. As espécies forrageiras predominantes foram a aveia preta (*Avena strigosa*) e o azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.). Para mensurar consumo foi utilizado o marcador externo Dióxido de Titânio (TiO₂) para ovelhas e nitrogênio fecal para cordeiros. O padrão de pastejo, a composição e a digestibilidade da dieta foram avaliados por monitoramento contínuo de bocados. O CH₄, mensurado a partir da técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF₆), foi coletado com cilindros esvaziados a vácuo em canga coletora. Os cilindros foram trocados a cada 48 horas, com três coletas em seis dias de avaliação. Quatro conjuntos coletores foram alocados na área para amostragem de ar atmosférico. As concentrações de CH₄ e SF₆ foram determinadas por cromatografia gasosa. O sistema com cordeiros desmamados e suplementados apresentou maior emissão diária de CH₄ (14,3±1,7 g.dia⁻¹), melhor ganho individual (195±0,18 g.dia⁻¹) e maior consumo de MS (3,24% do PC.dia⁻¹), porém os sistemas se mostraram semelhantes na emissão de CH₄ por unidade de produto final, que foi de 90,1±15,7 g CH₄.kg ganho no sistema com desmame e de 78,1±14,2 g CH₄ kg ganho no sistema sem desmame, e na emissão conjunta por cordeiros e ovelhas nos sistemas. Não houve diferença no rendimento de carcaça dos cordeiros entre os tratamentos. As ovelhas apresentaram emissões de CH₄ semelhantes, com média de 19,89±1,12 g.ovelha.dia⁻¹ para as ovelhas sem desmame e 17,55±1,47 g.ovelha.dia⁻¹ para as com desmame, com maior consumo de MS de ovelhas sem desmame. Os sistemas influenciaram no padrão de pastejo dos cordeiros, com maior tempo de pastejo para os não desmamados e não suplementados e preferência por bocado constituído de matéria verde das espécies aveia preta, azevém e Tifton-85, em altura de pastejo de 10 cm. Portanto, o sistema de terminação com desmame e suplementação a 2% do PC demonstrou melhores índices de produtividade.

Palavras-chave: aquecimento global, gases de efeito estufa, ovinocultura

ABSTRACT

In addition to the potential for global warming, methane (CH₄) emissions from ruminant digestion process represent losses of energy by animals. However, ruminants are singled out as one of the sources of CH₄ that can be handled. The objective of this study was to evaluate how different finish systems induce with the pattern of food intake and ruminal methane emission by sheep. Between September and November sheep and lambs were evaluated in two systems: (1) lambs weaned at 60 days and supplemented with 2% of Body Weight (BW) in post-weaning concentrate until slaughter; (2) lambs not weaned and not supplemented until slaughtered. A randomized block design with two treatments (systems) and four replications (paddocks) was used. The ewes of weaned lambs were evaluated separately in the same pasture. The experimental area consisted of paddocks of 0.2 ha for System 1 and 0.5 ha for System 2, with three animals of each category per repetition. The BW and the initial age of System 1 lambs were 32.63 ± 2.66 kg and 133 ± 9.18 days, and in System 2 they were 31.68 ± 2.20 kg PC and 129 ± 9 , 81 days. The predominant forage species were black oats (*Avena strigosa*) and annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). To estimate intake, the external marker Titanium Dioxide (TiO₂) was used for ewes and fecal nitrogen for lambs. The grazing pattern, composition and digestibility of the diet were evaluated by continuous bite monitoring. The CH₄, measured using the tracer gas sulfur hexafluoride (SF₆) technique, was collected with vacuum-emptied cylinders in collecting canga. The cylinders were changed every 48 hours, with three collections in six days of evaluation. Four collector assemblies were allocated in the area for sampling atmospheric air. Concentrations of CH₄ and SF₆ were determined by gas chromatography. The system with weaned lambs presented higher daily CH₄ emission (14.3 ± 1.7 g.day⁻¹), higher individual gain (195 ± 0.18 g.dia⁻¹) and higher DM intake (3,24% of BW.day⁻¹), but the systems were similar in the CH₄ emission per unit of final product, which was 90.1 ± 15.7 g CH₄.kg gain in the weaning system and $78, 1 \pm 14.2$ g CH₄ kg gain in the system without weaning, and in the joint emission by lambs and sheep in the systems. There was no difference in lamb carcass yield between treatments. The ewes showed similar CH₄ emissions, with a mean of 19.89 ± 1.12 g.ewe.dia⁻¹ for sheep without weaning and 17.55 ± 1.47 g.ewe.dia⁻¹ for weaning, with higher DM consumption of sheep without weaning. The systems influenced the grazing pattern of the lambs, with a longer grazing time for the non-weaned and non-weaned grains, and preference for a bit constituted of green matter of the species black oats, ryegrass and Tifton-85, at grazing height of 10 cm. Therefore, the termination system with weaning and supplementation at 2% BW showed better productivity indexes.

Key words: global warming, greenhouse gases, sheep farming.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - ILUSTRAÇÕES DOS BOCADOS REALIZADOS POR CORDEIROS E OVELHAS MANTIDOS EM PASTAGEM DE INVERNO, DE ACORDO COM A ESTRUTURA MORFOLÓGICA E ALTURA DAS ESPÉCIES. AS INDICAÇÕES EM CADA ILUSTRAÇÃO REPRESENTAM A ALTURA DOS BOCADOS EM CENTÍMETROS (cm). AS MARCAÇÕES EM VERMELHO REPRESENTAM OS DIFERENTES BOCADOS E OS CÓDIGOS A ELAS ASSOCIADOS.39
- FIGURA 2 - PROPORÇÃO DE TEMPO DESPENDIDO (%) POR CORDEIROS DESMAMADOS E SUPLEMENTADOS (CD), CORDEIROS NÃO DESMAMADOS E NÃO SUPLEMENTADOS (CL), OVELHAS DESMAMADAS (OD) E OVELHAS LACTANTES (OL) PARA PASTEJO, ÓCIO, RUMINAÇÃO E OUTRAS ATIVIDADES.....49
- FIGURA 3 - PROPORÇÕES DE CADA TIPO DE BOCADO REALIZADO (%) EM RELAÇÃO À DIETA TOTAL CONSUMIDA PELOS CORDEIROS LACTENTES (CL) E CORDEIROS DESMAMADOS (CD) DURANTE O PERÍODO DE AVALIAÇÃO.50
- FIGURA 4 - PROPORÇÕES DE CADA TIPO DE BOCADO REALIZADO (%)EM RELAÇÃO À DIETA TOTAL CONSUMIDA PELAS OVELHAS LACTANTES (OL) E OVELHAS APÓS DESMAME (OD), DURANTE O PERÍODO DE AVALIAÇÃO.51

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SUPLEMENTO CONCENTRADO OFERTADO NA FASE DE CRESCIMENTO AOS CORDEIROS DESMAMADOS E SUPLEMENTADOS EM TERMINAÇÃO NA PASTAGEM DE INVERNO.....	35
TABELA 2	DESCRIÇÃO DOS CÓDIGOS DE BOCADOS IDENTIFICADOS E UTILIZADOS PARA CORDEIROS E OVELHAS MANTIDOS EM PASTAGEM MISTA DE AVEIA PRETA (<i>Avena strigosa</i>) E AZEVÉM ANUAL (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.), SOBRESSEMEADOS EM TIFTON-85 (<i>Cynodon spp.</i>), COM A PRESENÇA DAS ESPÉCIES VOLUNTÁRIAS. FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS/PR.....	35
TABELA 3	MÉDIAS E ERRO PADRÃO ($M \pm EP$) PARA CARACTERÍSTICAS DA PASTAGEM NOS SISTEMAS DE TERMINAÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGEM DE INVERNO. FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS/PR.....	46
TABELA 4	MÉDIAS PARA O TEOR DE MATÉRIA SECA E OS COMPONENTES QUÍMICOS DA FORRAGEM CONSUMIDA PELOS ANIMAIS NOS SISTEMAS DE TERMINAÇÃO EM PASTAGEM DE INVERNO. FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS/PR.....	47
TABELA 5	TEMPOS DESPENDIDOS NAS ATIVIDADES DE PASTEJO, ÓCIO E RUMINAÇÃO, NÚMERO DE BOCADOS, MASSA DE BOCADO E TAXAS DE BOCADO E DE CONSUMO DAS DIFERENTES CATEGORIAS ANIMAIS MANTIDAS EM PASTAGEM DE INVERNO. FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS/PR.....	48
TABELA 6	MÉDIAS E ERRO PADRÃO ($M \pm EP$) PARA VARIÁVEIS DE CONSUMO DE ALIMENTO E ENERGIA NOS SISTEMAS DE TERMINAÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGEM DE INVERNO. FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS/PR.....	35
TABELA 7	MÉDIAS E ERRO PADRÃO ($M \pm EP$) PARA PESO AO ABATE E CARACTERÍSTICAS DE CARÇA DOS CORDEIROS NOS SISTEMAS DE TERMINAÇÃO EM PASTAGEM DE INVERNO. FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS/PR.....	53

TABELA 8 MÉDIAS E ERRO PADRÃO ($M \pm EP$) PARA VARIÁVEIS RELACIONADAS COM A EMISSÃO DE METANO RUMINAL E PERDA DE ENERGIA BRUTA POR CORDEIROS E OVELHAS NOS SISTEMAS DE TERMINAÇÃO EM PASTAGEM DE INVERNO. FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS/PR	54
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS

°C	Grau Celsius
AGCC	Ácido graxo de cadeia curta
C	Carbono
CA	Carga animal
Ca	Cálcio
CaCl ₂	Cloreto de cálcio
CD	Cordeiro desmamado
CEB	Consumo de energia bruta
CH ₄	Metano
CL	Cordeiro lactente
cm	Centímetro
cmolc	Centimol de carga
CMS	Consumo de matéria seca
CNF	Carboidratos não fibrosos
CO ₂	Dióxido de carbono
CO ₂ eq	Equivalente de Dióxido de Carbono
COP-8	Conferência das Partes
CTC	Capacidade de troca de cátions
DEL	Dias em lactação
dm	Decímetro
EB	Energia bruta
ECC	Escore de condição corporal
EE	Extrato etéreo
EM	Energia metabolizável
ENN	Extratativo não nitrogenado
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FB	Fibra bruta
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
FDNIpb	Fibra em detergente neutro indigestível na proteína bruta
g	Gramas

GB	Gordura bruta
GEE	Gases de efeito estufa
Gg	Gigagrama
GMD	Ganho médio diário
h	Hora
H	Hidrogênio
ha	Hectare
IA	Intervalo de ajuste
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	<i>Intergovernmental Panel of Climate Change</i>
K	Potássio
kcal	Quilocaloria
kg	Quilo
L	Litro
Lig	Lignina
m	Metro
Mcal	Megacaloria
MF	Massa de forragem
Mg	Magnésio
min	Minuto
MJ	Megajoule
mL	Mililitro
MM	Matéria mineral
mm	Milímetro
mmol	Milimol
MO	Matéria orgânica
MS	Matéria seca
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
N	Nitrogênio
N ₂ O	Óxido nitroso
NDT	Nutrientes digestíveis totais
NIDA	Nitrogênio insolúvel em detergente ácido
NRC	<i>National Research Council</i>

O ₃	Ozônio
OD	Ovelha após desmame
OF	Oferta de forragem
OL	Ovelha lactante
P	Fósforo
PA	Peso ao abate
PB	Proteína bruta
PBf	Proteína bruta fecal
PC	Peso corporal
PCF	Peso de carcaça fria
PCQ	Peso de carcaça quente
Pg	Petragrama
pH	Potencial hidrogeniônico
ppm	Partes por milhão
ppt	Partes por trilhão
RCF	Rendimento de carcaça fria
RFC	Relação folha:colmo
s	Segundo
SF ₆	Hexafluoreto de enxofre
TA	Taxa de acúmulo
TAD	Taxa de acúmulo diário
Tg	Tetragrama
TGI	Trato gastrintestinal
TiO ₂	Dióxido de titânio
TL	Taxa de lotação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	OBJETIVOS	21
2.1	OBJETIVO GERAL	21
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3	REVISÃO DE LITERATURA	22
3.1	EMISSÃO DOS GASES DE EFEITO ESTUFA NO MEIO AMBIENTE	22
3.2	METANOGÊNESE	24
3.3	INGESTÃO DE MATÉRIA SECA E EMISSÃO DE METANO RUMINAL	26
3.4	PADRÃO DE PASTEJO	28
3.5	EMISSÃO DE METANO RUMINAL POR OVINOS	30
4	MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1	ÁREA EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	33
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANIMAIS TESTERS	34
4.3	MANEJO NUTRICIONAL	35
4.4	AJUSTE DE LOTAÇÃO ANIMAL E CARACTERIZAÇÃO DA PASTAGEM	36
4.5	DETERMINAÇÃO DO PADRÃO DE PASTEJO.....	37
4.6	ESTIMATIVA DE CONSUMO DE FORRAGEM.....	41
4.7	AVALIAÇÃO DE METANO RUMINAL.....	43
4.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA	45
5	RESULTADOS	46
5.1	CARACTERÍSTICAS DA PASTAGEM	46
5.2	CARACTERÍSTICAS DA DIETA E COMPORTAMENTO INGESTIVO	47
5.3	DESEMPENHO ANIMAL, CONSUMO E CARATERÍSTICAS DA CARÇAÇA	51
5.4	EMISSÃO DE METANO RUMINAL.....	53
6	DISCUSSÃO	55
6.1	CARACTERÍSTICAS DE PASTAGEM.....	55

6.2	CARACTERÍSTICAS DA DIETA E COMPORTAMENTO INGESTIVO	55
6.3	DESEMPENHO ANIMAL, CONSUMO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA..	56
6.4	EMISSÃO DE METANO RUMINAL.....	58
7	CONCLUSÕES	63
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
9	REFERÊNCIAS.....	65
10	ANEXO 1 - DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA EMPREGADA PARA DETERMINAÇÃO DO MARCADOR EXTERNO DIÓXIDO DE TITÂNIO (TiO₂) EM AMOSTRAS FECASIS	77

1 INTRODUÇÃO

As emissões globais de metano, vistas como importante contribuinte para o agravamento do aquecimento global, são oriundas principalmente da fermentação ruminal. Além de contribuir para o efeito estufa, a produção deste gás representa perda de 2 a 12% da energia bruta ingerida pelo animal (MOSS *et al.*, 2000). Por outro lado, os ruminantes são um dos únicos emissores cuja produção de gás pode ser mitigada por meio da manipulação da dieta e do nível de ingestão de alimentos (BERCHIELLI *et al.*, 2012).

Três estratégias de mitigação de metano são as mais difundidas: escolha de animais por fatores relacionados a genética ou raça, aspectos intrínsecos ao sistema produtivo e modificações na microbiota do rúmen (COTTLE *et al.*, 2011). No sistema produtivo as mudanças alimentares possibilitam, em curto prazo, a diminuição da emissão de metano pelos ruminantes. Visto que a produção de metano varia de acordo com a qualidade e a quantidade de alimento ingerido (PEDREIRA e PRIMAVESI, 2008), substâncias e estratégias alimentares são capazes de manipular o ambiente ruminal no intuito de maximizar a ingestão de energia e diminuir a produção de gás (BERCHIELLI *et al.*, 2012).

A suplementação alimentar concentrada pode criar um ambiente hostil às *Archae*, microorganismos produtores de metano, por meio da diminuição do pH ruminal e da maior produção de propionato, reduzindo desta forma a quantidade de H₂ disponível a estas bactérias metanogênicas. Além disso, o fornecimento de suplemento é uma forma de otimizar a ingestão de energia pelos animais (MACHADO *et al.*, 2011).

Além das modificações nutricionais, o desmame precoce, realizado entre os 40 e 60 dias de idade dos cordeiros, e o uso de suplemento alimentar em pastagens pode alterar a demanda nutricional a ser atendida pela ingestão de forragem, o que traz modificações no padrão de pastejo das categorias animais (FAISCA, 2017).

Além disso, nos sistemas em que os cordeiros permanecem ao pé da mãe até o abate, a presença da ovelha afeta o comportamento do cordeiro, favorecendo o aprendizado de pastejo, além de promover mudanças nas características botânicas e morfológicas do dossel forrageiro, o que resulta em diferentes padrões de seleção de dieta e de tempos de pastejo e ruminação dos cordeiros (FAISCA, 2017).

As diferenças ocasionadas pela suplementação e pela presença da ovelha podem influenciar a produção e emissão de metano nos sistemas de terminação de cordeiros em pastagens. Partindo-se destes pressupostos, a principal hipótese levantada por esta pesquisa é de que as diferenças no perfil comportamental dos animais em sistemas com e sem suplementação e com e sem desmame podem influenciar a produção e emissão de metano em sistemas de terminação de cordeiros em pastagem.

Neste contexto, visando compreender o padrão de pastejo e sua relação com as emissões de CH₄, o presente trabalho teve como propósito discutir as potenciais implicações de sistemas de terminação de cordeiros em pastagens no contexto da redução da emissão de gases de efeito estufa e incremento da produtividade animal.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Contribuir para o entendimento da influência dos sistemas de terminação de cordeiros no padrão de pastejo e nas emissões de metano ruminal de ovinos em pastagem de inverno.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Verificar a interferência da ovelha e da suplementação concentrada no padrão de pastejo de cordeiros terminados em pastagem;
2. Quantificar a emissão de metano ruminal de cordeiros e ovelhas mantidos em diferentes sistemas de terminação, e relacioná-la com a produtividade animal;
3. Avaliar a influência da ingestão de matéria seca, da qualidade da forragem de inverno, da suplementação concentrada e da ingestão de leite na emissão de metano nos sistemas de terminação de cordeiros.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 EMISSÃO DOS GASES DE EFEITO ESTUFA NO MEIO AMBIENTE

Mudanças climáticas, aquecimento global e efeito estufa são fenômenos que foram acelerados pela interferência humana no meio ambiente, e se tornaram sinônimos da maior ameaça enfrentada pela população mundial (SKUCE *et al.*, 2013). Tais mudanças afetam a produção de alimentos, a disponibilidade de recursos naturais e biodiversidade dos ecossistemas (BRASIL, 2016). Até o fim do século XXI, estima-se que haja aumento de 1,1 a 6,4°C na média das temperaturas globais (IPCC, 2007). Além disso, eventos climáticos extremos de seca, frio e calor se tornarão cada vez mais comuns (STEINFELD *et al.*, 2006).

Por meio do fluxo de luz solar constante que atinge a Terra, o clima é regulado pela energia que atravessa a atmosfera e pela parcela que fica retida (MCTIC, 1994). Alguns gases bloqueiam a saída da energia solar, como é o caso do dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), ozônio (O₃), vapor d'água (H₂O), poeira e fumaça (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Entende-se, portanto, o efeito estufa como um processo natural que sustenta as diferentes formas de vida no planeta. Porém, desde o início da era industrial, a concentração de gases cresceu rapidamente, levando a elevação anormal do aquecimento na baixa atmosfera e na superfície terrestre (CARVALHO, 2009).

Segundo Johnson e Johnson (1995), as mensurações de metano atmosférico indicam que 20 a 30% desse gás são de origem fóssil. As fontes que contribuem com a emissão de carbono em escala milenar incluem atividades como perfuração e distribuição de gás, mineração e emissões em pântanos que contêm carbono armazenado por milhares de anos. Os 70 a 80% restantes são oriundos de atividades contemporâneas que produzem carbono, como pecuária, queima de biomassa, zonas naturais alagadas, tratamento de resíduos e produção de arroz.

O CH₄ é reconhecido como o terceiro GEE mais poluente e a taxa de crescimento anual da emissão desse gás é de 7% (IPCC, 2006), sendo que as atividades agropecuárias respondem por 70% desta produção. A liberação de CH₄, primordialmente, é resultante da fermentação anaeróbica de matéria orgânica em

locais alagados, fermentação ruminal, tratamento de resíduos animais em ambiente anaeróbico e queima de biomassa.

Nos sistemas de manejo de dejetos de animais, a decomposição anaeróbia produz CH₄, principalmente quando os dejetos são estocados na forma líquida. Esta é uma fonte de emissão de GEE relevante em sistemas intensivos, com animais criados em confinamento. No solo, a produção do gás resulta da decomposição de matéria fecal ou matéria orgânica acumulada em áreas pobremente drenadas e aeradas, uma vez que, na presença de oxigênio, os microorganismos metanotróficos consomem CH₄ para produção de energia (McDONALD *et al.*, 2008).

A fermentação nos animais ruminantes faz parte de seu processo digestivo normal, ocorrendo em uma parte de seu estômago policavitário (rúmen e retículo) e é uma das maiores fontes de emissão de CH₄ no Brasil. A intensidade desse processo depende de diversos fatores como o tipo de animal, sua alimentação, a intensidade de sua atividade física e das diversas práticas de criação (BERCHELLI *et al.*, 2012).

As estimativas apontam que os ruminantes produzem aproximadamente 80 milhões de toneladas de CH₄, representando 26% da emissão antrópica deste gás (BEAUCHEMIN *et al.*, 2008), sendo considerados a terceira maior fonte de metano em escala global (BORGES e PASCHOAL, 2011).

Segundo o IPCC (2014), dois fatores servem como balizadores da contribuição dos GEE: a concentração na atmosfera e o poder de aquecimento molecular, tendo como medida comparativa o CO₂, que é reconhecido como o gás mais abundantemente emitido. Após a Decisão 17/COP-8, desde 1997 foi instituída a sigla CO₂ eq para comparar a emissão dos diferentes GEE, baseado no potencial de aquecimento global de cada um deles. Para tal, o CO₂ eq é calculado pela multiplicação da quantidade do gás pela sua capacidade de armazenar calor. Entre os principais GEE, o CO₂ possui potencial igual a um e, levando em consideração as características moleculares e o tempo de permanência no meio ambiente, o metano apresenta potencial de aquecimento global 23 vezes maior (IPCC, 2007).

No Brasil, devido a sua vasta área agricultável e disponível para pastagens, a agricultura e a pecuária se tornaram atividades de grande relevância econômica (MCTIC, 1999). Apesar da importância da agropecuária na produção de alimentos e geração de renda, muito se discute sobre o impacto ambiental de tais atividades, principalmente em relação às mudanças climáticas (PEREIRA, 2013). O Brasil, com

um dos maiores rebanhos bovinos do mundo, é conhecido como um dos países que mais emitem CH₄ ruminal para a atmosfera, potencializando as consequências do efeito estufa (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Com a crescente demanda por produtos de origem animal a nível global, espera-se que o aumento na oferta de alimento ocorra concomitantemente com a redução na intensidade de emissão dos GEE por kg de alimento produzido, o que continua a ser um desafio para toda a cadeia produtiva (BERNDT e TOMKINS, 2013). Neste contexto, é fundamental que a produção brasileira esteja de acordo com as exigências mundiais referentes à conservação de recursos naturais, bem como com a responsabilidade na mitigação do efeito estufa (ZOTTI E PAULINO, 2009).

3.2 METANOGÊNESE

Os carboidratos representam a principal fonte energética para os ruminantes e cerca de 80% dos ingredientes da dieta desses animais é composta principalmente por forragem e grãos de cereais fornecidos como suplemento (SEJIAN *et al.*, 2015). Na primeira parte do trato gastrointestinal (TGI) os ruminantes desenvolveram uma simbiose com microorganismos altamente especializados capazes de fermentar uma ampla gama de carboidratos dietéticos, incluindo a fração lignocelulósica (VAN SOEST, 1994).

O rúmen abriga uma complexa e diversificada população microbiana composta por bactérias, protozoários, fungos bacteriófagos e, com uma faixa populacional que varia entre 0,5 a 3,0%, por bactérias metanogênicas do gênero *Archae*, mantidas sob condições anaeróbicas, a pH 5,6-6,7 e temperatura de 39°C (HACKMANN E SPAIN, 2010). Estes diferentes grupos microbianos mantêm o equilíbrio ruminal para otimizar a fermentação do alimento ingerido, em que o modo de ação de cada grupo sobre a ingesta é diversificado, não havendo competição por substrato. A partir da fermentação ruminal ocorre a liberação de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), proteína microbiana, metabólitos e vitaminas K e do complexo B (OWENS E GOETSCH, 1993).

Dentro da célula vegetal se encontram os carboidratos não-estruturais como o amido, as frutanas e os açúcares (mono e oligossacarídeos), solúveis no

líquido ruminal e prontamente disponíveis para fermentação. Os carboidratos estruturais, componentes da parede celular vegetal, consistem nas frações de celulose, hemicelulose, pectina e lignina (VAN SOEST, 1994). A microbiota é capaz de degradar estas frações em diferentes taxas, por meio de hidrólise das estruturas dos polissacarídeos (MERTENS, 1992). A quebra dos carboidratos complexos no rúmen produz moléculas mais simples que são metabolizadas em glicose e, então, a piruvato pela via de Embden-Meyerhof, também conhecida como glicólise (MORRISON E MIRON, 2000).

Durante a fermentação dos açúcares produzidos a partir da degradação dos polissacarídeos da dieta, são gerados principalmente acetato, propionato e butirato, que totalizam 95% dos AGCC produzidos e que constituem as fontes energéticas mais importantes para os ruminantes (FRANCE E DIJKSTRA, 2005). Particularmente da produção de acetato e butirato origina-se o hidrogênio (H). Porém, a capacidade do rúmen em fermentar componentes lignocelulósicos em ambiente anaeróbico está estritamente ligada à produção de H.

O canal mais comum de eliminação do H é a metanogênese, na qual o dióxido de carbono e 4 moléculas de H são combinados para formar metano pela ação das bactérias metanogênicas, que necessitam de H₂ como fonte de energia (MACHADO *et al.*, 2011). As principais bactérias responsáveis pela formação de metano são *Methanobrevibacter sp.*, *Methanobacterium sp.*, *Metanomicrobium sp.* e *Methanosarcina sp.*, porém estima-se que existam cerca de 70 espécies presentes no rúmen (BAKER, 1999).

Em geral, quanto maior a produção de propionato e amônia, menor é a produção de acetato e a geração de metano (GARCIA LOPEZ *et al.*, 1996). Com uma relação de acetato e propionato de 1:2 (ou 0,5), a perda energética com o CH₄ seria zero, já num ambiente com produção apenas de ácido acético, as perdas com a geração de gás seriam de até 33% (WOLIN E MILLER, 1988). Além da fermentação dos carboidratos solúveis produzir propionato, este AGCC está associado com a diminuição do pH ruminal, com valores entre 6 e 6,4, tornando o ambiente mais agressivo aos microorganismos metanogênicos (MOSS *et al.*, 2000).

Cerca de 98% do metano produzido é posteriormente eructado ou expirado, prevenindo assim o acúmulo de gás no ambiente ruminal. Logo, a eructação em ruminantes é consequência direta da necessidade metabólica da microbiota (MURRAY *et al.*, 1976; MUÑOZ *et al.*, 2012). A produção de metano, em média, leva

ao gasto de 2 a 12% da energia ingerida pelo animal (MOSS *et al.*, 2000), resultando em redução na produtividade, uma vez que esta energia poderia ser utilizada para ganho de peso ou produção de leite (PRIMAVESI *et al.*, 2004).

Em ovinos, Savian *et al.* (2014) observaram perdas de energia bruta ao nível de 5% em borregos terminados em pastagem de azevém; para ovelhas, os autores relataram perda de 7,3%. Logo, a emissão do gás varia conforme a qualidade e quantidade de alimento ingerido e os diversos sistemas de criação (BORGES E PASCHOAL, 2011).

As características morfológicas e químicas das plantas forrageiras influenciam diretamente a produção de metano em ruminantes (BERCHIELLI *et al.*, 2012). De modo geral, alimentos com elevada de boa qualidade (ou seja, com elevada digestibilidade) acarretam em menor emissão de metano por unidade de produto (PRIMAVESI *et al.*, 2004).

3.3 INGESTÃO DE MATÉRIA SECA E EMISSÃO DE METANO RUMINAL

O consumo alimentar determina o nível de nutrientes ingeridos e, conseqüentemente, a resposta no desempenho animal. Segundo Mertens (1994), de 60 a 90% dos resultados de desempenho estão relacionados com o consumo e de 10 a 40% correspondem a variações na digestibilidade da dieta.

A ingestão é limitada e regulada pelos requerimentos fisiológicos do animal, além de envolver sinais que abrangem a fome e a saciedade e controlam o consumo voluntário a curto e longo prazo (MERTENS, 1994). Já a resposta animal é dependente da quantidade de resíduos indigestíveis e da absorção de nutrientes digestíveis e metabolizáveis (VAN SOEST, 1994).

No pasto o consumo é determinado pela disponibilidade e acessibilidade da forragem, estas reguladas pela carga animal e pela morfologia e densidade da planta. Lima *et al.* (1998) mencionam que o ruminante sofre influência de vários fatores que podem intervir na ingestão de forragem. Entre eles, o favorecimento de seleção da dieta com a oferta excessiva de alimento, que dá ao animal a oportunidade de seleção de porções digestíveis, como as folhas mais novas, e recusa de partes menos desejáveis.

Esta seleção está condicionada a habilidade do animal em manipular o alimento e a forma como o alimento é ofertado. De acordo com Carvalho (1997), a relação entre a ingestão e a abundância de forragem é descrita de forma curvilínea, onde há aumento na quantidade de alimento ingerido à medida que a quantidade de forragem disponível também aumenta, até que o animal atinja a saciedade.

Sob condição de pastejo, duas vias fisiológicas estão relacionadas ao controle da ingestão e da saciedade. Forbes (1987) descreveu os requerimentos nutricionais, de acordo com o estágio fisiológico animal, como a primeira forma de satisfação. O segundo aspecto é o preenchimento do trato digestório, conhecido como o principal limitante para ruminantes, diretamente ligado com a taxa de passagem e a capacidade gastrointestinal (LACA E DEMMENT, 1992).

Quando o animal é exposto à dieta de alta qualidade protéica e energética, a ingestão é limitada pelo seu requerimento nutricional. No entanto, quando exposto a dietas de baixa qualidade, o animal consome alimentos até o nível de capacidade do TGI (MERTENS, 1994).

Os herbívoros selecionam e ingerem os componentes morfológicos da forragem em busca da otimização do consumo de energia metabolizável da dieta. Mertens (1994) sugere que o enchimento do TGI está correlacionado com o nível de fibra em detergente neutro (FDN) da dieta para ruminantes e que o valor médio de consumo de 1,2% do peso corporal (PC) em FDN é um indicativo de limitação de consumo regulado pelo aspecto físico da dieta.

Diante disso, a ingestão voluntária de matéria seca (MS) está correlacionada com a maturidade da forragem (HODGSON, 1990) que, ao se aproximar do fim de seu ciclo de produção, sofre aumento no teor de parede celular, com acúmulo de lignina (MINSON, 1990). Faria e Mattos (1995) afirmaram que a ingestão máxima de MS pelos ruminantes ocorre quando a digestibilidade da forragem situa-se entre 66 e 68%. Entretanto, estudos apontam que uma forrageira de clima tropical alcança digestibilidade em torno de 60%, valor que limita a ingestão de alimento volumoso por enchimento do TGI (GERDES *et al.*, 2000).

Além do consumo de forragem ser fator crucial para o desempenho animal e eficiência do sistema de produção, existe uma relação conhecida entre a ingestão diária de alimento e a emissão de metano ruminal sendo que, em pastagem tropical, esta relação é linear (KURIHARA *et al.*, 1999).

Os componentes da dieta, como o tipo de carboidrato e os componentes presentes na planta e selecionados pelo ruminante, também são capazes de influenciar a emissão de gás (JOHNSON E JOHNSON, 1995). Segundo os autores, a melhoria na qualidade e digestibilidade das forragens, além da suplementação concentrada na dieta dos ruminantes, ocasionam a redução da produção de CH₄, bem como os sistemas de pastejo manejados adequadamente e o emprego do método de pastoreio que tendem a reduzir a maturidade da forragem.

Neste contexto, a emissão de CH₄ está diretamente ligada às mensurações de consumo de MS pelos ruminantes, sua capacidade de seleção de forragem e a qualidade do material ingerido (BERNDT E TOMKINS, 2013).

3.4 PADRÃO DE PASTEJO

As particularidades do processo ingestivo dos herbívoros são de suma importância, assim como a avaliação qualitativa e quantitativa dos alimentos, para o entendimento do consumo. Diante disso, é indispensável o estudo do comportamento de ruminantes durante o pastejo para que se compreenda o ambiente pastoril, já que o animal é determinante nas condições deste tipo de vegetação (PRACHE *et al.*, 1998).

A partir das variações ocorridas na oferta de forragem e nas características do ambiente pastoril, os herbívoros em pastejo modificam seu comportamento de seleção de alimento a fim de manter a ingestão adequada de nutrientes (PROVENZA, 2003; AGREIL E MEURET, 2004; GINANE *et al.*, 2015).

Particularidades como cheiro, sabor, textura, interações sociais, estados emocionais e aprendizado também podem afetar o consumo de alimento (MERTENS, 1994). O mesmo autor postulou que fatores que envolvem a resposta comportamental do animal são moduladores de ingestão ou modificadores psicogênicos, agindo como inibidores ou estimuladores de consumo sem estarem relacionados às questões metabólicas nem de distensão do TGI.

Assim, ao avaliar a interface planta:animal de modo reducionista, o consumo pode ser demonstrado pela variável de menor escala, o bocado. Segundo as equações de Allden e Whittaker (1970) e Hodgson (1982), tem-se:

$$\text{Consumo} = \text{Tempo de pastejo} \times \text{Taxa de ingestão}$$

$$\text{Taxa de ingestão} = \text{Tamanho do bocado} \times \text{Taxa de bocado}$$

Podem ser considerados como fatores limitantes de taxa de ingestão as propriedades morfológicas do dossel forrageiro e o aparato ingestivo do animal (UNGAR, 1996), sendo que o uso da língua no pastejo pelos bovinos, e de movimentos horizontais feitos com a boca no pastejo pelos ovinos faz com que uma área maior do que a boca do ruminante seja abrangida durante o bocado (CARVALHO, 1997).

A principal variável modificada pelas características da estrutura do dossel é a profundidade do bocado, havendo correlação negativa com a densidade da pastagem (UNGAR, 1996; CARVALHO, 1997). De modo menos sensível, ocorre a alteração da área do bocado de acordo com a estrutura da pastagem, que diminui linearmente com a densidade da pastagem e se eleva de forma quadrática de acordo com a altura (HODGSON *et al.*, 1994).

Assim, o animal precisa tomar variadas decisões sobre a seleção de alimentos durante o forrageamento (AGREIL E MEURET, 2004). Bonnet *et al.* (2013) observaram que, ao longo dos dias, novilhas modificaram a seleção de espécies forrageiras sem que a oferta de forragem se alterasse. Isso indica que a preferência alimentar varia entre os animais, e que a oferta não é a única característica que influencia na satisfação dos requerimentos nutricionais.

Segundo Carvalho e Moraes (2005), a oferta de forragem pode influenciar o tempo total de pastejo. Em condições adequadas, os ruminantes realizam mais refeições, com maiores intervalos de tempo durante o dia, e a duração total do pastejo é menor. Ao contrário, em área com baixa disponibilidade de forragem, o tempo gasto pelo animal em atividade de pastejo é maior para compensar a menor massa dos bocados (BARBOSA *et al.*, 2010).

Considerando a flutuação na preferência alimentar e a dificuldade em medir a ingestão de forragem por ruminantes em pastagens heterogêneas, principalmente em relação à massa de bocado (CORDOVA *et al.*, 1978; LEAVER, 1982; GORDON, 1995), a técnica de monitoramento contínuo de bocados, inicialmente descrita por Agreil e Meuret (2004), viabiliza a aquisição de informações fundamentais sobre o processo de forrageamento, taxa de ingestão instantânea, taxa de bocados, massa

de bocados e o reconhecimento de espécies e partes da planta selecionadas (BONNET *et al.*, 2015).

Com a utilização de uma grade de códigos que discrimina as espécies de forragem e partes das plantas apreendidas pelo bocado (*code grid*), agrupados de acordo com características comuns, o método monitora bocados, espécies consumidas e comportamentos como passos e mudanças de estação alimentar, a fim de caracterizar o comportamento animal durante a ingestão (BONNET *et al.*, 2015).

A partir do monitoramento contínuo, objetiva-se obter registros do comportamento ingestivo dos ruminantes em ambiente complexo (AGREIL E MEURET, 2004) e, para que as estimativas sejam ainda mais precisas sobre o valor alimentar em ambiente pastoril, é necessária a amostragem do material consumido para caracterização da dieta, como descrito por Dove e Mayes (2005).

Além disso, o processo de pastejo engloba também atividades como pisoteio, defecação, micção e repouso em decúbito, ações comportamentais normais que afetam o estado do dossel forrageiro e interferem no comportamento ingestivo (PENNING, 2004).

Com dados de comportamento de animais em pastejo, Carvalho e Moraes (2005) observaram que é possível compreender a oferta de forragem de modo qualitativo e quantitativo a partir de uma visão mais ecológica do pastejo. Além disso, tal conhecimento é uma ferramenta capaz de auxiliar no desenvolvimento de estratégias adequadas de manejo forrageiro a fim de expressar o potencial genético animal (CAMPANA *et al.*, 2015) e mitigar as emissões de CH₄ruminal.

3.5 EMISSÃO DE METANO RUMINAL POR OVINOS

Distribuídos por todos os continentes, com maior concentração em países emergentes, estima-se que o setor pecuário de produção de ovinos detenha cerca de 1,2 bilhões de animais (FAO, 2015) e apresente taxa de crescimento anual de 1,5%. De acordo com a FAOSTAT (2014), os pequenos ruminantes representam 57% da população de ruminantes a nível mundial. No Brasil, registrou-se um rebanho nacional com 17.614.454 animais distribuídos de maneira mais concentrada

nas regiões Nordeste (57,5% do rebanho) e Sul (29,3%), segundo informações disponibilizadas pelo IBGE (2014).

A criação de pequenos ruminantes pode ser destinada à produção de carne, leite e fibras, além de que tais animais contribuem para a promoção da segurança para lidar com falhas das culturas, particularmente para os pequenos agricultores rurais (PASHA, 2000; MISRA, 2005). Além da relevância comercial, ovinos e caprinos podem colaborar com a gestão dos ecossistemas. Um exemplo disto é o fato de que o pisoteio pode estimular o cultivo de plantas, pois a ação de quebra das crostas de solos secos promove a germinação de sementes (STEINFELD *et al.*, 2006). Segundo o estudo publicado por Seo e Mendelsohn (2007), a probabilidade de escolha de ovinos e caprinos para produção tende a aumentar com o agravamento do aquecimento global pela capacidade de adaptação destes animais às condições adversas.

Países como Índia e Brasil são conhecidos como líderes em emissão de CH₄ ruminal oriunda da criação de ruminantes, com produção anual de 14,5 e 10,3 Tg de CH₄, respectivamente (THORPE, 2009). Mundialmente, os ovinos contribuem com a emissão anual de 6,5 a 14,4 kg de metano ruminal por animal (MACHADO *et al.*, 2011), ou seja, cerca de 12% da emissão diária total de metano de um bovino (ULLYAT *et al.*, 2002). De acordo com o MCTIC (2014), a soma das emissões de pequenos ruminantes, suínos, eqüídeos e bubalinos corresponde a 3% da emissão total de CH₄d e origem fermentativa.

A produção de CH₄, medida como grama (g) de gás emitido por dia, difere entre ruminantes e está positivamente correlacionada com o tamanho corporal do animal, o consumo de matéria seca (CMS) e a digestibilidade do material ingerido (CANESIN, 2009; ABDALLA *et al.*, 2012). Segundo Broucek (2014), os bovinos destinados à produção de carne chegam a produzir de 7 a 9 vezes mais metano do que os ovinos e os caprinos.

No caso dos pequenos ruminantes destinados ao abate, o potencial emissor é menor do que em relação aos bovinos, ao se avaliar a emissão de gás em CO₂ eq por kg de produto final. Tal observação está ligada ao ciclo de produção mais curto e às altas taxas de prolificidade (MARINO *et al.*, 2015). Porém, o mesmo não se observa em animais destinados à produção leiteira, na qual Opio *et al.* (2013) encontraram valores de 6,5 kg de CO₂ eq por kg de produto em ovinos e de 2,8 kg

de CO₂ eq para bovinos, devido à pequena produção de leite dos pequenos ruminantes.

Dados de literatura sugerem que as emissões diárias de CH₄ oriundas de ovinos podem variar de 12,2 a 37,3 g (PINARES-PATIÑO *et al.*, 2003; ULLYAT *et al.*, 2005; HAMMOND *et al.*, 2011; SUN *et al.*, 2012). Observa-se que os valores variam de acordo com a categoria animal e o tipo de pastagem. De acordo com a afirmativa de Ullyat e Lassey (2001), aproximadamente 87% das variações na produção de CH₄ são influenciadas pelo animal.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Esse projeto foi submetido ao Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e foi aprovado sob protocolo n° 007/2012.

O experimento ocorreu entre os meses de Setembro e Novembro de 2016, no Laboratório de Produção e Pesquisa em Ovinos e Caprinos (LAPOC), na Fazenda Experimental do Canguiri, Estação que pertence à UFPR e localizada no município de Pinhais-PR (25°23'30''S de latitude, 49°07'30''W de longitude e 930 m de altitude).

O clima da região é classificado como subtropical úmido (mesotérmico) do tipo Cfb segundo a classificação de Köppen, com temperaturas médias abaixo de 18°C no mês mais frio do ano e verões com temperatura média abaixo de 22°C no mês mais quente, sem estação seca definida e precipitações anuais médias de 1400 mm (IAPAR, 2017).

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, de textura argilosa e com relevo suave ondulado (SILVA *et al.*, 2011). Suas características químicas (média das unidades experimentais - piquetes) foram: pH em CaCl₂ - 5,6; P - 17,45 mg/dm³; K - 0,19, Ca - 5,55 e Mg - 3,15 cmol/dm³; soma de bases - 8,89 e CTC a pH 7 (T) - 12,09 cmol/dm³; saturação por bases (V) - 74 e por alumínio (m) - 0%.

4.1 ÁREA EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

A área experimental foi subdividida em 12 piquetes, sendo oito piquetes com 0,2 hectares (ha) destinados aos cordeiros desmamados e suplementados e suas mães mantidas em áreas separadas, e quatro piquetes de 0,5 ha destinados aos cordeiros não desmamados e não suplementados, totalizando 3,6 ha.

Em Março de 2016 foram implantadas as espécies aveia preta (*Avena strigosa*) e azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.), sobressemeadas em Tifton-85 (*Cynodon spp.*), com posterior adubação de cobertura com uréia - 150 kg de N ha⁻¹. Em decorrência de fortes geadas ocorridas em Junho de 2016, houve a necessidade de realizar a ressemeadura a lanço nas áreas afetadas com 40 kg ha⁻¹ de sementes de azevém anual.

Além das espécies citadas, também foram identificadas na área as espécies voluntárias *Paspalum spp.*, tiririca (*Cyperus rotundus*), quicuío (*Pennisetum clandestinum*) e língua de vaca (*Rumex obtusifolius*).

Os sistemas de terminação de cordeiros avaliados foram os que se apresentaram superiores sob o ponto de vista de desempenho animal e resultado econômico, validados a partir das pesquisas realizadas pelo LAPOC (BARROS *et al.*, 2009):

(1) Sistema de terminação de cordeiros desmamados (CD) aos 60 dias de idade e suplementados com concentrado a 2% do peso corporal (PC), em matéria seca (MS) ao dia, até o abate aos 40 kg, e ovelhas desmamadas em áreas de pastagem separadas;

(2) Sistema de terminação de cordeiros lactentes (CL) sem suplementação, até o abate aos 40 kg, e as ovelhas em lactação;

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANIMAIS TESTERS

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, considerando-se dois tratamentos (sistemas) com quatro repetições (piquetes) com três cordeiros por piquete. Foram utilizados 24 cordeiros machos não castrados e provenientes de partos simples, distribuídos nos blocos de acordo com o PC no início do experimento, de forma crescente, e avaliados até o período em que atingiram o peso de abate de 40 kg de PC, em média.

O PC e a idade inicial dos cordeiros desmamados foram de $32,63 \pm 2,66$ kg e $133 \pm 9,18$ dias de idade; os cordeiros não desmamados e não suplementados iniciaram a avaliação com $31,68 \pm 2,20$ kg de PC e $129 \pm 9,81$ dias de idade ($P > 0,05$). As ovelhas lactantes apresentaram $71,12 \pm 0,39$ kg e as ovelhas desmamadas $70,09 \pm 5,56$ kg de PC inicial ($P > 0,05$).

No sistema de cordeiros não desmamados e nos piquetes de ovelhas desmamadas foram avaliadas três ovelhas por repetição, totalizando 24 ovelhas. Todos os animais experimentais eram mestiços provenientes de cruzamento das raças White Dorper x Suffolk.

4.3 MANEJO NUTRICIONAL

Aos cordeiros desmamados houve o fornecimento de suplementação composta de concentrado protéico e energético (Tabela 1), ofertado a 2% do PC dia⁻¹, sempre às 16h00, em cocho individual a pasto. O concentrado farelado foi formulado a partir dos ingredientes milho em grão moído (40% da MS), farelo de soja (40%), farelo de trigo (15%), calcário calcítico (2,5%), sal comum (0,5%) e sal mineral (2%).

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SUPLEMENTO CONCENTRADO OFERTADO NA FASE DE CRESCIMENTO AOS CORDEIROS DESMAMADOS E SUPLEMENTADOS EM TERMINAÇÃO NA PASTAGEM DE INVERNO.

Componente	Concentração (% MS)
Matéria Seca (MS)	85,4
Proteína bruta (PB)	19,2
Matéria mineral (MM)	6,3
Extrato etéreo (EE)	3,1
Fibra bruta (FB)	3,9
Matéria orgânica (MO)	93,7
Extrato não nitrogenado (ENN)	57,6
Carboidratos não fibrosos (CNF)	51,9
Fibra em detergente neutro (FDN)	19,5
Fibra em detergente ácido (FDA)	5,9
Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA)	0,07
Lignina	0,59
Nutrientes digestíveis totais (NDT)	72,45

FONTE: O autor (2018)

O período experimental teve início após 15 dias da entrada dos animais nos piquetes, após os animais estarem adaptados à pastagem e aos sistemas de terminação. As avaliações de desempenho e da pastagem iniciaram-se após a adaptação.

A energia metabolizável (EM) estimada do suplemento foi de 2.582,56 Mcal kg MS⁻¹, medida pela relação (NDT%) × 0,03615. O valor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi calculado a partir da estimativa descrita por Weiss *et al.* (1992).

O ajuste de oferta de concentrado foi realizado a cada 14 dias com base no PC individual dos cordeiros.

4.4. AJUSTE DE LOTAÇÃO ANIMAL E CARACTERIZAÇÃO DA PASTAGEM

Utilizou-se o método de pastejo contínuo com carga animal variável, com três cordeiros e três ovelhas *testers* por piquete e número variável de animais reguladores durante o período experimental, ajustados pela técnica “*put and take*” (MOTT E LUCAS, 1952).

A oferta de massa de forragem se manteve quatro vezes superior ao estimado para cordeiros com peso médio semelhante ao do experimento, determinado pelo NRC (2007), de aproximadamente 4% do PC, resultando em oferta de forragem de 16 kg de MS 100 kg de PC⁻¹dia⁻¹, para não se limitar o consumo de MS.

Visando a correção de carga animal, coletaram-se amostras de forragem para se estimar a massa de forragem disponível, com auxílio de aro medindo 0,1m² em dois ou quatro pontos fora da gaiola de exclusão, dependendo do tamanho do piquete. Em adição, no início do experimento alocaram-se duas gaiolas de exclusão de pastejo em cada piquete, em pontos que expressavam a condição média da vegetação, para medição da taxa de acúmulo de forragem (KLINGMAN *et al.*, 1943).

Aplicou-se o cálculo da carga animal (CA) por área, expressa em kg de PC ha⁻¹, considerando o peso médio dos animais no piquete e a taxa de acúmulo de MS, conforme a fórmula:

$$CA = \frac{\{(TA \times IA) + MF\}IA}{OF} \times 100$$

onde:

- TA = Taxa de acúmulo (kg de MS ha⁻¹dia⁻¹);
- IA = Intervalo de ajuste (dias);
- MF = Massa de forragem (kg de MS ha⁻¹);
- OF = Oferta de forragem (% do PC em MS dia⁻¹).

As amostras de forragem coletadas fora da gaiola de exclusão foram utilizadas para determinar a composição botânica e morfológica do dossel forrageiro. Para tal, as amostras foram homogeneizadas e divididas em três partes iguais. Uma fração (1/3 da amostra) foi utilizada para o cálculo de biomassa total, em kg de MS ha⁻¹; outra alíquota foi separada em aveia, azevém, tifton-85, *Paspalum spp.*, quicuío, tiririca e outras espécies. A fração restante foi separada em lâminas foliares, colmo e bainha, inflorescências e material senescente.

Para se obter a altura de pastagem, medidas de cada um dos doze piquetes foram obtidas a cada 14 dias, com auxílio de régua graduada em centímetro (*sward stick*) para a medição de pontos aleatórios e representativos da área (BARTHAM, 1985). O número de pontos mensurados dependeu do tamanho do piquete, sendo 30 pontos para oito áreas de 0,2 ha (cordeiros desmamados e suplementados e ovelhas desmamadas) e 50 pontos para quatro áreas de 0,5 ha (cordeiros sem desmame).

Para o ajuste de carga animal utilizou-se, também, a pesagem dos animais sem jejum, realizada a cada 14 dias. A primeira e a última pesagens foram realizadas após jejum de sólidos de 12 horas. Desta forma, pôde-se mensurar o ganho médio diário (GMD) individual de cordeiros em cada tratamento.

4.5 DETERMINAÇÃO DO PADRÃO DE PASTEJO

A preferência alimentar de cordeiros e ovelhas foi observada pelo método de monitoramento de bocados, seguindo a metodologia de Agreil e Meuret (2004) e Bonnet *et al.* (2015). A técnica consistiu na utilização de uma grade de códigos de bocados (*code grid*), proposto por um avaliador que acompanhou um animal pré-selecionado em cada piquete.

Os dias de avaliação a campo sofreram alterações devido às condições climáticas, pois em dias de chuva os animais modificavam seu comportamento diurno, como descrito por Champion *et al.* (1994).

O período principal de pastejo foi determinado por meio de um estudo de comportamento por etograma aplicado em todos os animais *testers*. Análises pontuais a cada 10 minutos (JAMIESON E HODGSON, 1979) foram feitas num período de 10 horas diurnas, das 08:00 às 18:00h, para identificação das atividades

de pastejo. Com a análise destes resultados, o horário de início e término do monitoramento de bocados foi determinado, em cada tratamento, pela manhã das 09h30 às 10h30, e à tarde das 14h00 às 15h00. Ao avaliar doze animais, com registros de duas horas animal⁻¹, foram registradas 24 horas de monitoramento.

A familiarização entre avaliadores e animais ocorreu por três dias antes da avaliação. Conforme descrito por Bonnet *et al.* (2015), este é o tempo mínimo de adaptação para pequenos grupos de animais já acostumados com o contato com seres humanos. Após os avaliadores conseguirem se manter a uma distância de 0,5 a 2m sem que nenhuma mudança comportamental ocorresse no animal, o monitoramento de padrão de pastejo foi possível.

Os códigos para cada bocado foram decididos durante o período de familiarização, conforme a escolha do animal ao fazer a apreensão das espécies presentes no dossel forrageiro e da porção da planta selecionada (Figura 1). A mesma grade foi utilizada para todas as categorias animais.

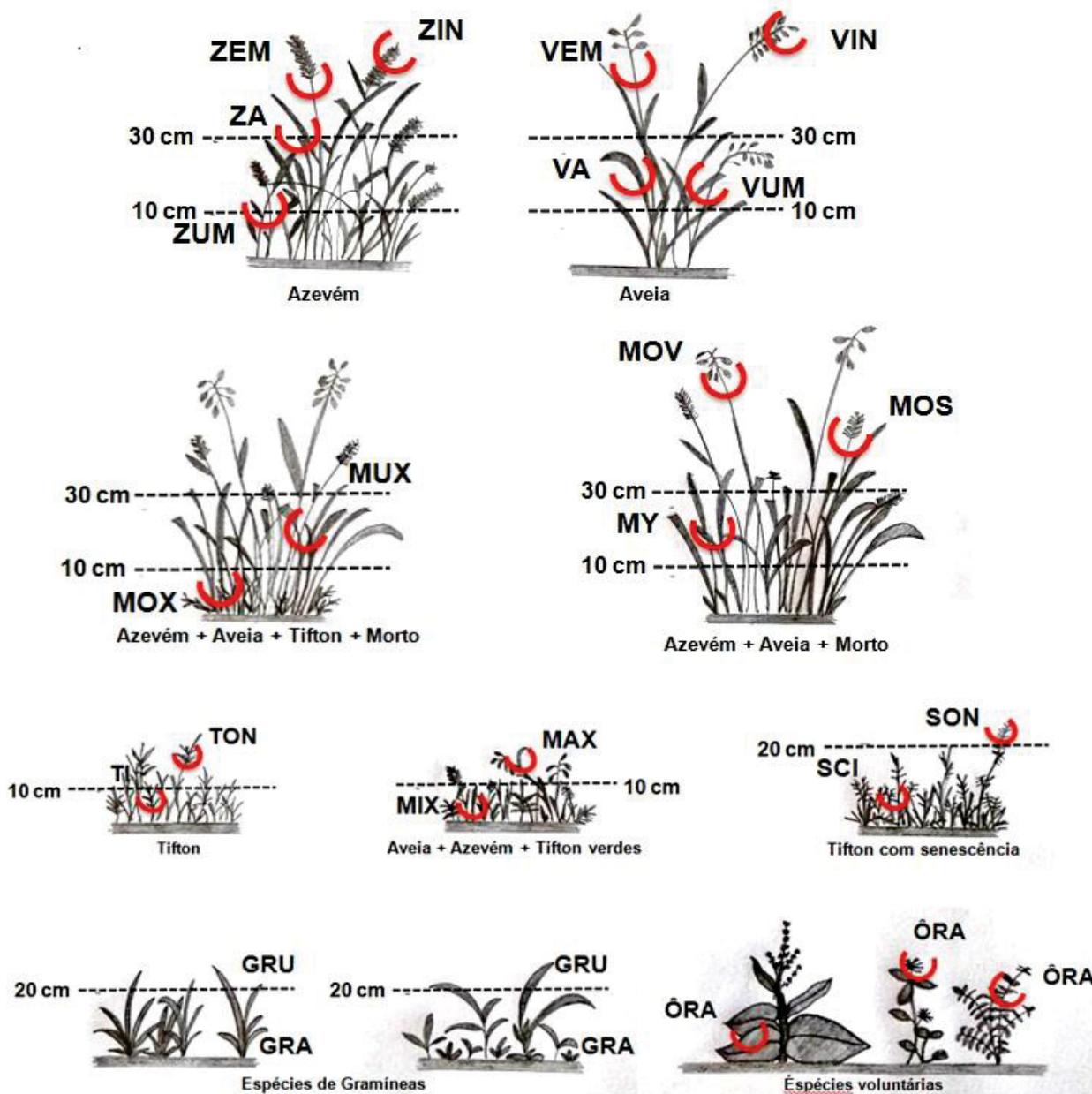
Foram caracterizados 22 bocados (Tabela 2) e 10 códigos atribuídos a outros comportamentos, além do código “BO”, utilizado para caracterizar um bocado que não pôde ser identificado na avaliação.

Após treinamento, cada avaliador narrou os bocados e comportamentos no momento em que eles foram realizados pelo animal e os códigos foram gravados em gravador portátil. Após a avaliação, os áudios foram transferidos para o software JWatcher® (<http://www.jwatcher.ucla.edu/>; The Observer, Noldus Information Technology®, The Netherlands).

Amostras de todos os bocados foram coletadas, cada uma delas sendo composta por 20 simulações de bocados (AGREIL E MEURET, 2004).

Todas as amostras foram secas, moídas e reunidas em uma amostra composta por categoria animal. Foram determinados os componentes Matéria mineral (MM), Proteína bruta pelo método de Kjeldahl (PB), Extrato etéreo e Nitrogênio insolúvel em detergente ácido de acordo com o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (2013); Extrativos não nitrogenados (ENN) pelo método de Weende; Fibra em detergente neutro (FDN) segundo Van Soest *et al.* (1991) e em detergente ácido (FDA) de acordo com Goering e Van Soest (1970); e Lignina. Para o cálculo de NDT a partir das análises químicas da forragem consumida, utilizou-se a equação descrita por Weiss *et al.*, 1992.

FIGURA 1 - ILUSTRAÇÕES DOS BOCADOS REALIZADOS POR CORDEIROS E OVELHAS MANTIDOS EM PASTAGEM DE INVERNO, DE ACORDO COM A ESTRUTURA MORFOLÓGICA E ALTURA DAS ESPÉCIES. AS INDICAÇÕES EM CADA ILUSTRAÇÃO REPRESENTAM A ALTURA DOS BOCADOS EM CENTÍMETROS (cm). AS MARÇAÇÕES EM VERMELHO REPRESENTAM OS DIFERENTES BOCADOS E OS CÓDIGOS A ELAS ASSOCIADOS.



FONTE: O autor (2018)

TABELA 2 - DESCRIÇÃO DOS CÓDIGOS DE BOCADOS IDENTIFICADOS E UTILIZADOS PARA CORDEIROS E OVELHAS MANTIDOS EM PASTAGEM MISTA DE AVEIA PRETA (*Avena strigosa*) E AZEVÉM ANUAL (*Lolium multiflorum* Lam.), SOBRESSEMEADOS EM TIFTON-85 (*Cynodon spp.*), COM A PRESENÇA DAS ESPÉCIES VOLUNTÁRIAS. FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS/PR.

Código	Descrição
GRA	Bocado com altura de até 20 cm, formado por espécies voluntárias gramíneas: <i>Paspalum spp.</i> , quicuío, entre outras
GRU	Bocado com altura acima de 20 cm, formado por espécies voluntárias gramíneas: <i>Paspalum spp.</i> , quicuío, entre outras
MAX	Bocado com altura acima de 10 cm, formado pela mistura de Tifton-85, aveia e azevém verdes
MIX	Bocado com altura de até 10 cm, formado pela mistura de Tifton-85, aveia e azevém verdes
MOS	Bocado sem altura específica, contendo exclusivamente inflorescência morta de azevém
MOV	Bocado sem altura específica, contendo exclusivamente Inflorescência morta de aveia
MOX	Bocado com altura de até 10 cm, formado pela mistura de aveia, azevém e Tifton-85 verdes, com presença de material morto
MUX	Bocado com altura acima de 10 cm, formado pela mistura de aveia, azevém e Tifton-85 verdes, com presença de material morto
MY	Bocado com altura entre 10 e 30 cm, formado pela mistura de aveia e azevém verdes, com presença de material morto
ÔRA	Bocado sem altura específica, formado por folha e/ou colmo das espécies voluntárias: língua de vaca, hortelãzinha ou outras
SCI	Bocado com altura de até 20 cm, contendo Tifton-85 verde e presença de material morto
SON	Bocado com altura acima de 20 cm, contendo Tifton-85 verde e presença de material morto
TI	Bocado com altura de até 10 cm, contendo exclusivamente Tifton-85 verde
TON	Bocado com altura acima de 10 cm, contendo exclusivamente Tifton-85 verde
VA	Bocado sem altura específica, formado por uma ou mais folhas verdes de aveia
VEM	Bocado sem altura específica, formado por inflorescência e colmo verdes de aveia
VIN	Bocado sem altura específica, formado por inflorescência verde de aveia
VUM	Bocado sem altura específica, contendo inflorescência, colmo, bainha e folha verdes de aveia
ZA	Bocado sem altura específica, formado por uma ou mais folhas verdes de azevém
ZEM	Bocado sem altura específica, contendo inflorescência e colmo verdes de azevém
ZIN	Bocado sem altura específica, contendo exclusivamente inflorescência verde de azevém
ZUM	Bocado sem altura específica, contendo inflorescência, colmo, bainha e folha verdes de azevém

FONTE: O autor (2018)

4.6 ESTIMATIVA DE CONSUMO DE FORRAGEM

O consumo de forragem das ovelhas, medido concomitantemente à coleta de metano ruminal, foi baseado no princípio de que a excreção fecal do animal é inversamente proporcional à digestibilidade da dieta e diretamente relacionada à quantidade de alimento ingerido, seguindo a equação (PENNING, 2004; CARVALHO *et al.*, 2007a):

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Produção fecal}}{1 - \text{Digestibilidade}}$$

A produção fecal das ovelhas foi mensurada com o auxílio do indicador externo dióxido de titânio (TiO₂), administrado por via oral em doses de 1,25 gramas (g) duas vezes ao dia no primeiro período de avaliação (23 a 27 de Setembro), e uma dose de 2,5g dia⁻¹ no segundo período (25 a 29 de Outubro). O marcador foi dosado de acordo com o método proposto por Glindemann *et al.* (2009). A aplicação dos papelotes contendo o indicador foi feita com o auxílio de um aplicador de bólus intraruminal durante 12 dias, às 10h00 e 16h00, sendo sete dias para adaptação ao marcador e cinco dias de administração do TiO₂ com posterior coleta de fezes diretamente da ampola retal, em dois períodos do dia.

Na segunda avaliação, a dosagem foi realizada às 10h00, com duas coletas de fezes. Um ovelha por piquete foi dosada com o indicador e, ao fim dos cinco dias de coleta de fezes, as amostras foram compostas por animal e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal e Bromatologia do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC), em Lages/SC, para quantificação do TiO₂.

A taxa de recuperação do marcador, determinada por meio de ensaio em gaiola metabólica, foi em média de 95,2% para uma dosagem diária e de 91,9% para duas dosagens. A produção total de fezes foi calculada pela relação entre a quantidade fornecida e a concentração do TiO₂ nas fezes (g indicador.g fezes⁻¹), de acordo com a equação:

$$\text{Produção fecal} = \text{g indicador/dia} \times \text{recuperação fecal}/(\text{g indicador/g fezes})$$

A estimativa de consumo dos cordeiros foi medida pelo método baseado na composição química fecal, a partir da concentração de indicadores nas fezes, nesse caso o nitrogênio (N) (LUKAS *et al.*, 2005), sendo este o indicador mais correlacionado com a digestibilidade (PENNING, 2004), uma vez que a excreção de proteína bruta (PB) ou nitrogênio tem correlação com o consumo de forragem (BOVAL, 2003).

A produção fecal nos cordeiros foi medida de forma direta com o uso de bolsas coletoras em um dos animais por piquete, esvaziadas a cada 24 horas durante cinco dias consecutivos (PENNING, 2004; CARVALHO *et al.*, 2007a).

A técnica do índice fecal (N fecal) consistiu em determinar a concentração do indicador nas amostras de fezes com o uso do determinador de Nitrogênio/Proteína FP-528 (LECO Corporation®), a partir do método Dumas. O consumo de forragem foi estimado pela equação descrita por Azevedo *et al.* (2014), de acordo com o estágio fenológico de florescimento do azevém determinado por intermédio da escala de Moore *et al.* (2001), conforme a fórmula a seguir:

$$\text{IMO} = 17,21 \times \text{PBf} + 146,24$$

onde:

- IMO = Ingestão de matéria orgânica (g.dia⁻¹);
- PBf = Total de proteína bruta nas fezes (g.dia⁻¹).

A determinação do N nas fezes foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal e Bromatologia do CAV-UDESC, em Lages/SC. Os dados obtidos foram transformados para MS com base no teor de MO das fezes dos animais.

O consumo de concentrado pelos cordeiros desmamados foi estimado a partir da diferença da quantidade fornecida e da sobra diária nos cochos individuais. A determinação de energia bruta (EB) consumida pelos animais foi feita de acordo com o descrito por Baumont *et al.* (2007):

- Para o cálculo de forragens verdes a base de gramíneas (N = 166; R² = 0,89):

$$EB \text{ (kcal/kg MO)} = 4531 + 1,735 \times PB \text{ (g/kg MO)} - 71$$

- Para o cálculo da EB de concentrados (N = 83; R² = 0,83):

$$EB \text{ (Kcal/kg MO)} = 5,7 \times PB + 9,57 \times GB + 4,24 \text{ (MO} - PB - GB)$$

Para o estudo do consumo de forragem pelas ovelhas utilizando-se a produção fecal e a digestibilidade da forragem consumida, foi realizada a fermentação *in vitro*, pela metodologia de Tilley e Terry (1963) em fermentador ruminal (DAISY^{II}/ANKOM[®]), de 5 g de MS do substrato, com partículas moídas a 1 mm, e colocado em sacos ANKOM[®] selados e alocados em frascos de vidro de 50 mL para incubação em 30 mL de líquido ruminal, juntamente com soluções tampão e de macro e microminerais, em agitador numa incubadora a 39°C, durante 48 horas.

A determinação da MS ocorreu após a incubação, perante lavagem dos sacos com resíduos das amostras não fermentadas com água destilada e acetona, e secagem em estufa a 55°C por 48 horas, sendo obtida pela diferença entre pesos inicial e final das amostras. As análises foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-Químicas (LABFQ) da Fundação ABC, em Castro/PR.

4.7 AVALIAÇÃO DE METANO RUMINAL

Para as duas coletas experimentais do CH₄ ruminal em cordeiros e ovelhas, realizadas de 26 de Setembro a 02 de Outubro, e de 20 a 26 de Outubro, utilizou-se a metodologia descrita por Johnson *et al.* (1994) e adaptada por Primavesi *et al.* (2004), sendo empregado o gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF₆) para contabilizar a emissão de metano proveniente da fermentação ruminal. A técnica consistiu em alocar no rúmen do animal uma cápsula de permeação previamente conhecida, que libera o SF₆, com auxílio de aplicador de bólus intraruminal introduzido na cavidade bucal dos animais 60 dias antes da coleta experimental.

Após o ajuste e a adaptação às cangas coletoras, a coleta do ar foi realizada em dois animais *testers* de cada categoria por piquete, utilizando-se cilindros captadores esvaziados a vácuo ligados a um tubo capilar, ou regulador de ingresso,

ajustados à cabeça do animal. Os diâmetros dos tubos capilares foram calibrados com auxílio do fluxômetro, para que a vazão fosse de 0,252 a 0,315 cm³s⁻¹.

A válvula fixada no cilindro foi aberta para iniciar a coleta do ar em torno do focinho e das narinas do animal, a uma taxa constante de aspiração, até que 50% da capacidade do cilindro estivesse cheio de ar. O sistema foi calibrado para um período de coleta de 48 horas com a posterior troca das cangas coletoras durante seis dias consecutivos, e a pressão dos tubos antes e depois das coletas foi aferida por meio de manômetro digital. Os animais *testers* de cada repetição receberam o cilindro de amostragem nos períodos de avaliação, totalizando três cilindros por animal a cada período de coleta. Adicionalmente, quatro conjuntos coletores (canga + cabresto coletor) encontravam-se alocados na área experimental para coleta de ar atmosférico, sendo os valores utilizados como “brancos” para a realização dos cálculos.

Após a coleta, o recipiente foi pressurizado com nitrogênio e as concentrações de CH₄ e SF₆ determinadas por meio de cromatografia gasosa.

As leituras foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP – Campus Jaboticabal). A partir da taxa conhecida de liberação do SF₆ no rúmen, das concentrações de CH₄ e do SF₆ nas amostras de gás coletadas, o fluxo de metano liberado pelo animal foi calculado em relação ao fluxo de SF₆ conforme a equação exposta abaixo:

$$Q_{CH_4} = Q_{SF_6} \times [(CH_4 - CH_4B)/(SF_6 - SF_6B)]$$

onde:

- Q_{CH₄}= taxa de emissão de metano em g.dia⁻¹;
- Q_{SF₆} = taxa de liberação do SF₆ da cápsula de permeação;
- CH₄ e SF₆= concentrações medidas no tubo coletor;
- CH₄B e SF₆B = concentrações medidas no tubo coletor “branco”, de ar atmosférico.

Além da determinação da emissão bruta de CH₄, em g.dia⁻¹, avaliou-se a emissão de gás por kg de produto final. Ao atingirem a média de 40 kg de PC, um cordeiro de cada piquete foi destinado ao abate após jejum sólido de 16 horas. Posteriormente à sangria, evisceração e toailete, coletaram-se informações de peso

de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça após 24 horas de resfriamento em câmara fria a 4°C (PCF) e rendimento de carcaça fria (RCF), calculado a partir da relação entre PCF e o peso ao abate (PA), de acordo com a equação:

$$\text{RCF (\%)} = \frac{\text{PCF} \times 100}{\text{PA}}$$

4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as análises foram realizadas no software estatístico R versão 3.3.3 (R Core Team, 2018). Quando necessário, a transformação logarítmica foi empregada. A todas as médias dos dados utilizou-se o erro padrão como medida de variância.

Os dados foram analisados com medidas repetidas no tempo em modelo misto, no qual foram considerados como efeitos fixos os sistemas de terminação. Os períodos e as repetições foram considerados no modelo para análise de oferta de forragem e componentes do dossel forrageiro. Para análises de emissão de metano e desempenho animal, foram considerados os períodos e os animais como efeitos aleatórios.

Utilizaram-se os pacotes “MASS”, “NLME” e “STATS” para as análises (VENABLES E RIPLEY, 2002). Realizou-se análise de variância (ANOVA) e foi testada a interação entre variáveis.

5 RESULTADOS

5.1 CARACTERÍSTICAS DA PASTAGEM

Não houve diferença ($P>0,05$) quanto à massa de forragem média e aos componentes morfológicos da pastagem nos tratamentos (Tabela 3). Também não se observou diferença ($P>0,05$) entre os sistemas de terminação quanto à composição botânica da pastagem. Observou-se a predominância de azevém em todos os tratamentos, com proporções iguais ou superiores a 50% do dossel forrageiro, seguido de aveia preta, com participação de $21,2 \pm 5,9$ a $22,6 \pm 7,4\%$ e de *Paspalum spp.*, variando de $8,1 \pm 2,0$ a $15,5 \pm 3,7\%$.

TABELA 3 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO ($M \pm EP$) PARA CARACTERÍSTICAS DA PASTAGEM NOS SISTEMAS DE TERMINAÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGEM DE INVERNO. FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS/PR.

Pastagem	Cordeiros desmamados e suplementados	Cordeiros não desmamados e não suplementados	Ovelhas desmamadas	P
kg.MS.ha ⁻¹				
Biomassa total	3.901 ± 289	3.466 ± 354	3.416 ± 404	0,792
MF	2.388 ± 263	2.362 ± 303	2.389 ± 304	0,986
RFC	1,0 ± 0,2	0,9 ± 0,2	1,4 ± 0,3	0,621
Lâminas foliares	826 ± 90,4	746 ± 99	933 ± 166	0,749
Colmo + Bainha	1.199 ± 193	1.128 ± 197	929 ± 153	0,86
Inflorescência	431 ± 117	472 ± 90	463 ± 96	0,283
Material senescente	1.704 ± 115	1.104 ± 132	1.089 ± 182	0,122
TAD	94,4 ± 20,7	50,3 ± 46,8	90,6 ± 52,7	0,331
cm				
Altura	16,7 ± 0,9	14,5 ± 1,2	15,2 ± 1,0	0,631

FONTE: O autor (2018)

MF= Massa de forragem RFC = Relação folha:colmo TAD = Taxa de acúmulo diário

A carga animal de cordeiros foi $1.767,9 \pm 235,1$ kg PC dia⁻¹ no sistema com desmame e suplementação, e $668,7 \pm 121,7$ kg PC dia⁻¹ no sistema sem desmame e sem suplementação. A taxa de lotação (TL), também medida em cordeiros ha⁻¹, foi $48,5 \pm 6,9$ para cordeiros desmamados e suplementados e $18,0 \pm 3,0$ para cordeiros

não desmamados e não suplementados. Ambas as variáveis diferiram ($P < 0,001$) entre os sistemas de terminação.

5.2 CARACTERÍSTICAS DA DIETA E COMPORTAMENTO INGESTIVO

Verificou-se a composição química da dieta consumida durante o pastejo pelos animais (Tabela 4), coletada a partir da técnica de monitoramento contínuo de bocados. Em função do peso do material colhido, as amostras foram compostas e os dados estão apresentados de forma descritiva. Notou-se que, por meio da seleção de forragem, os cordeiros não desmamados e não suplementados ingeriram teor de PB semelhante (18,5% PB) ao fornecido via suplemento aos cordeiros desmamados (19,2% PB).

TABELA 4 - MÉDIAS PARA O TEOR DE MATÉRIA SECA E OS COMPONENTES QUÍMICOS DA FORRAGEM CONSUMIDA PELOS ANIMAIS NOS SISTEMAS DE TERMINAÇÃO EM PASTAGEM DE INVERNO. FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS/PR.

Composição Química (%)	Cordeiros	Cordeiros não	Ovelhas	Ovelhas
	desmamados e suplementados	desmamados e não suplementados	lactantes	desmamadas
Matéria Seca	26,4	25,5	29,7	30,8
Proteína Bruta	13,7	18,5	13	15,3
Extrato Etéreo	2	2,5	1,6	2,1
Matéria Mineral	5,2	5,8	4,7	4,7
Cálcio	0,5	0,5	0,4	0,5
Fósforo	0,3	0,3	0,3	0,3
FDN	53,1	54,9	53,6	52,1
FDA	25,1	24,3	26,3	24,9
Lignina	1,9	1,8	2,5	2,3
NDT	68,7	68,5	67,3	68,9

FONTE: O autor (2018)

FDN = Fibra em detergente neutro
NDT = Nutrientes digestíveis totais

FDA = Fibra em detergente ácido

Durante a avaliação de monitoramento contínuo de bocados (Tabela 5), foi possível registrar as atividades referentes ao comportamento ingestivo como pastejo, ruminação e ócio. Os cordeiros não desmamados e não suplementados apresentaram maior tempo de pastejo em relação aos cordeiros desmamados e

suplementados ($P=0,028$). Tais animais permaneceram, em média, 12,5% do tempo de pastejo em busca de alimento, enquanto os cordeiros suplementados apresentaram média de 3% do período buscando a forragem. O tempo despendido com a atividade de ruminação foi superior ($P=0,005$) nos cordeiros desmamados e suplementados (Figura 2).

Não houve registro de tempo despendido na ingestão de suplemento concentrado pelos cordeiros desmamados, uma vez que o fornecimento era realizado em cocho individual, após a avaliação de padrão de pastejo, para que se pudesse quantificar a ingestão de suplemento de cada animal.

TABELA 5 - TEMPOS DESPENDIDOS NAS ATIVIDADES DE PASTEJO, ÓCIO E RUMINAÇÃO, NÚMERO DE BOCADOS, MASSA DE BOCADO E TAXAS DE BOCADO DE CONSUMO DAS DIFERENTES CATEGORIAS ANIMAIS MANTIDAS EM PASTAGEM DE INVERNO. FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS/PR.

Variável	Desmamado e suplementado	Não desmamado e não suplementado	P
	Cordeiro		
Pastejo (min)	25,9 ± 11,5	74,4 ± 18,6	0,028
Ócio (min)	45,4 ± 15,4	33,1 ± 18,1	0,520
Ruminação (min)	38,1 ± 15,8	2,99 ± 1,51	0,005
Número de bocados	638 ± 310,2	1.800 ± 487	< 0,001
Massa de bocado (g MS)	0,13 ± 0,01	0,25 ± 0,01	< 0,001
Taxa de bocado (n° min ⁻¹)	22,9 ± 1,92	24,2 ± 0,43	0,496
Taxa de consumo (g MS min ⁻¹)	3,48 ± 0,05	5,96 ± 0,16	< 0,001
	Ovelha		
Pastejo (min)	40,8 ± 11,6	55,8 ± 21,6	0,538
Ócio (min)	24 ± 9,79	26,3 ± 20,1	0,658
Ruminação (min)	48,5 ± 0,73	29,39 ± 1,51	0,261
Número de bocados	1.248,1 ± 55,6	1.453,09 ± 184,1	0,004
Massa de bocado (g MS)	0,23 ± 0,01	0,32 ± 0,01	< 0,001
Taxa de bocado (n° min ⁻¹)	27,8 ± 3,3	24,1 ± 0,62	0,341
Taxa de consumo (g MS min ⁻¹)	6,28 ± 0,47	7,60 ± 0,30	0,016

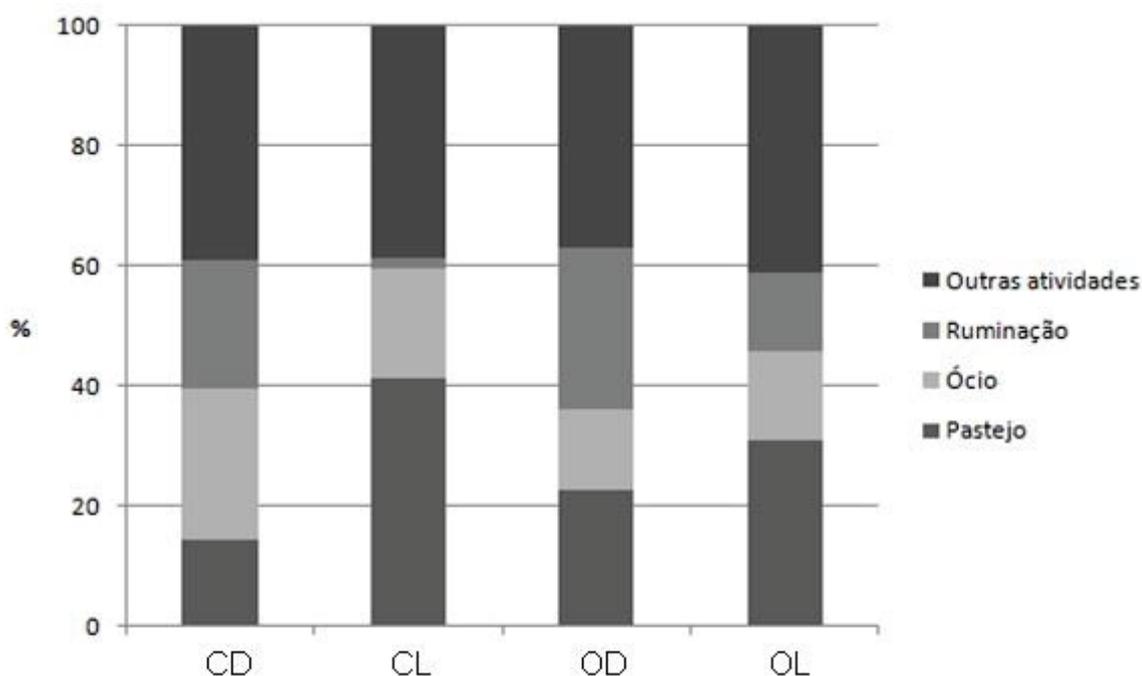
FONTE: O autor (2018)

MS = Matéria seca

Na Figura 2, as outras atividades realizadas pelos animais foram a ingestão de leite pelos cordeiros no sistema sem desmame e sem suplementação, com duração média de 22 segundos por atividade, além do consumo de água, na qual os animais despenderam, em média, 17 segundos a cada ingestão. O consumo de sal

mineral foi observado em ovelhas, com durações de até 3 segundos. Notou-se que ambas as categorias despenderam tempo semelhante para realizar tais atividades, correspondendo entre 37 a 41% do tempo total de avaliação de comportamento ingestivo.

FIGURA 2 - PROPORÇÃO DE TEMPO DESPENDIDO (%) POR CORDEIROS DESMAMADOS E SUPLEMENTADOS (CD), CORDEIROS NÃO DESMAMADOS E NÃO SUPLEMENTADOS (CL), OVELHAS DESMAMADAS (OD) E OVELHAS SEM DESMAME (OL) PARA PASTEJO, ÓCIO, RUMINAÇÃO E OUTRAS ATIVIDADES.



FONTE: O autor (2018)

Nas Figuras 3 e 4 podem ser observados os bocados realizados e a proporção de cada um deles para as categorias animais. Notou-se que os cordeiros não desmamados e não suplementados repetiram predominantemente o bocado MIX, que se refere às espécies Tifton-85, aveia e azevém verdes na altura de até 10 cm, com baixa exploração de outros bocados.

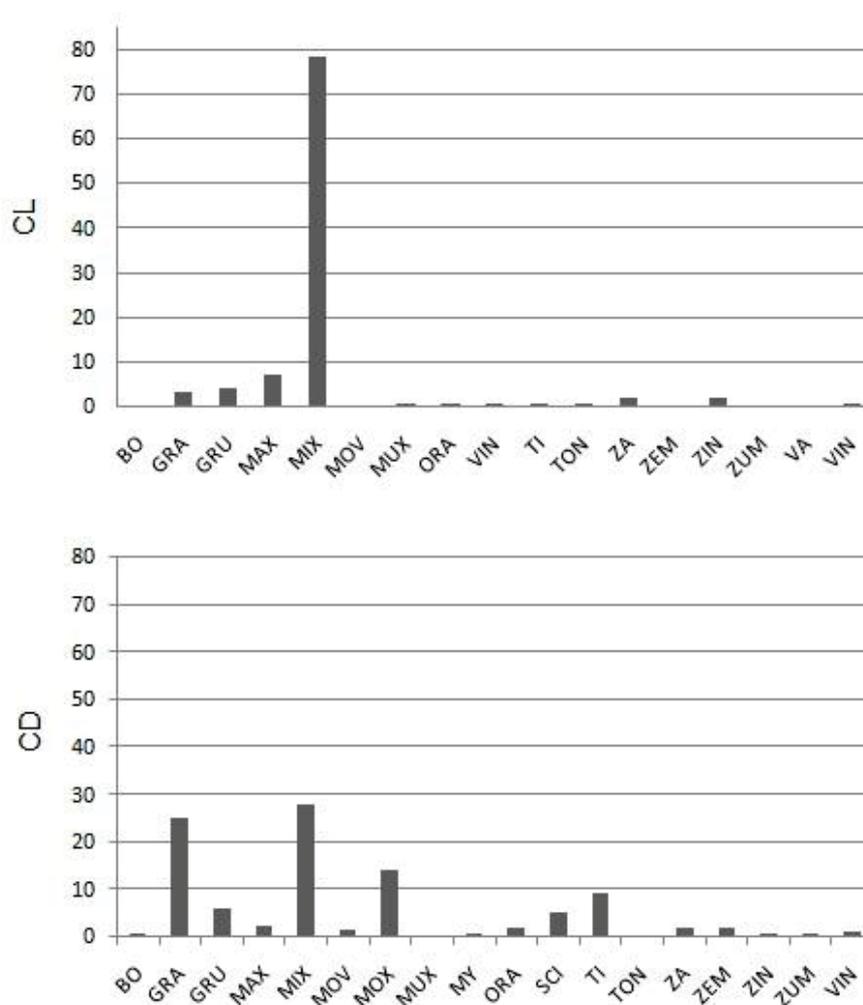
No caso dos cordeiros desmamados e suplementados, observou-se que os animais procuraram maior diversidade de espécies com preferência para forrageiras sem material senescente, como nos bocados MIX e GRA, este último referente a outras gramíneas presentes no dossel forrageiro, como o *Paspalum spp.*

Em decorrência da ingestão de material senescente com os bocados MOX, MOV e SCI, os cordeiros desmamados e suplementados apresentaram consumo de

PB abaixo dos cordeiros não desmamados e não suplementados, porém com dieta apresentando teor de FDN semelhante. Apesar da taxa de bocados (n° bocados min^{-1}) ser semelhante entre os cordeiros nos diferentes sistemas de terminação, os animais sem desmame e sem suplementação apresentaram maior número de bocados total ($P < 0,001$), massa de bocado ($P < 0,001$) e, conseqüentemente, maior taxa de consumo ($P < 0,001$).

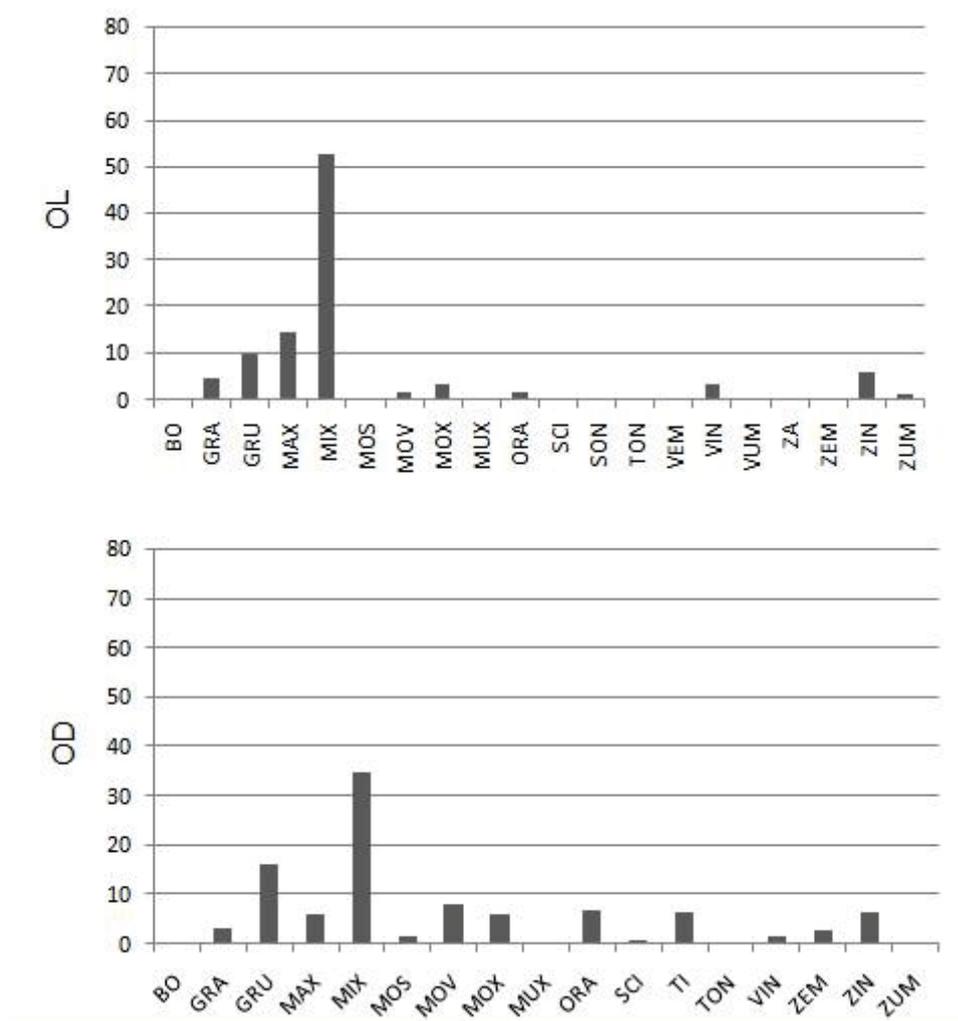
Ao avaliar o padrão de pastejo das ovelhas, houve semelhança nos tempos despendidos em pastejo, ruminação e ócio, porém as características de número ($P = 0,004$) e massa de bocado ($P < 0,001$) foram superiores para as ovelhas sem desmame. As ovelhas desmamadas mostraram superioridade apenas na massa de forragem consumida por minuto ($P = 0,016$).

FIGURA 3 - PROPORÇÕES DE CADA TIPO DE BOCADO REALIZADO (%) EM RELAÇÃO À DIETA TOTAL CONSUMIDA PELOS CORDEIROS NÃO DESMAMADOS E NÃO SUPLEMENTADOS (CL) E CORDEIROS DESMAMADOS E SUPLEMENTADOS (CD) DURANTE O PERÍODO DE AVALIAÇÃO.



Ambas as categorias de ovelhas apresentaram preferência no bocado MIX (Figura 4), bem como observado entre os cordeiros. Entretanto, os animais adultos também demonstraram interesse em partes de planta com material senescente, como é o caso dos bocados MOV e MOX, e pastejo em alturas mais elevadas (em média 15 cm) do que os cordeiros, como observado com a realização de bocados GRU e MAX.

FIGURA 4 - PROPORÇÕES DE CADA TIPO DE BOCADO REALIZADO (%) EM RELAÇÃO À DIETA TOTAL CONSUMIDA PELAS OVELHAS SEM DESMAME (OL) E OVELHAS DESMAMADAS (OD), DURANTE O PERÍODO DE AVALIAÇÃO.



FONTE: O autor (2018)

5.3 DESEMPENHO ANIMAL, CONSUMO E CARACTERÍSTICAS DA CARÇAÇA

O sistema de produção influenciou o ganho médio diário ($P=0,044$) dos cordeiros, com superioridade dos animais desmamados e suplementados, que

alcançaram ganhos de $195 \pm 0,18$ g dia⁻¹ contra $140 \pm 0,15$ g dia⁻¹ dos animais sem desmame e sem suplementação. Os resultados de desempenho para as ovelhas foram de $-0,7 \pm 0,14$ g dia⁻¹ para fêmeas lactantes e de $0,04 \pm 0,01$ g dia⁻¹ para as fêmeas desmamadas (P=0,014). Todas as fêmeas em aleitamento apresentaram perda de peso, enquanto as ovelhas desmamadas mantiveram o peso no período experimental.

O consumo diário de forragem pelos cordeiros (kg.MS.dia⁻¹) não diferiu entre os sistemas de terminação (Tabela 6). Porém, em relação ao peso corporal (% PC dia⁻¹), o consumo apresentou diferença entre os sistemas de terminação (P=0,043). Os cordeiros desmamados e suplementados ingeriram $2,00 \pm 0,25\%$ PC dia⁻¹, contra $2,60 \pm 0,14\%$ PC dia⁻¹ dos cordeiros sem desmame e sem suplementação. Ao considerar o consumo total de MS ao dia, os cordeiros desmamados e suplementados demonstraram valores superiores aos cordeiros sem desmame e sem suplementação (P=0,016), resultado já esperado devido à presença de suplemento concentrado disponível no sistema.

TABELA 6 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO (M \pm EP) PARA VARIÁVEIS DE CONSUMO DE ALIMENTO E ENERGIA NOS SISTEMAS DE TERMINAÇÃO DE CORDEIROS EM PASTAGEM DE INVERNO. FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS/PR.

Consumo	Desmamado e suplementado	Não desmamado e não suplementado	P
CMS forragem (kg.MS.dia ⁻¹)	0,785 \pm 0,086	0,956 \pm 0,044	0,138
CMS forragem (% PC)	2,0 \pm 0,3	2,6 \pm 0,2	0,043
CMS total (kg.MS.dia ⁻¹)	1,225 \pm 0,095	0,956 \pm 0,044	0,016
CEB na MO (kcal.dia ⁻¹)	5.156 \pm 430,6	4.298 \pm 199,1	0,113
		Ovelha	
CMS forragem (kg.MS.dia ⁻¹)	1,366 \pm 0,117	1,926 \pm 0,193	0,049
CEB na MO (kcal.dia ⁻¹)	6.478 \pm 524,4	8.759 \pm 957,3	0,055

FONTE: O autor (2018)

CMS = Consumo de matéria seca MS = Matéria seca PC = Peso corporal CEB = Consumo de energia bruta MO = Matéria orgânica

Em relação ao consumo diário de MS de forragem das ovelhas, as lactantes apresentaram maior ingestão comparadas às ovelhas desmamadas (P=0,049), assim como para o consumo de energia bruta na matéria orgânica.

Os dados obtidos ao abate foram semelhantes entre os dois sistemas de terminação, tanto para o peso ao abate ($P=0,287$) quanto para os pesos de carcaça fria ($P=0,225$), quente ($P=0,202$) e rendimento de carcaça ($P=0,289$) (Tabela 7).

TABELA 7 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO ($M \pm EP$) PARA PESO AO ABATE E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DOS CORDEIROS NOS SISTEMAS DE TERMINAÇÃO EM PASTAGEM DE INVERNO. FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS/PR.

Variáveis	Cordeiros desmamados e suplementados	Cordeiros não desmamados e não suplementados	P
PA (kg)	43,4 \pm 1,8	40,4 \pm 2,5	0,287
PCQ (kg)	21,6 \pm 1,1	19,6 \pm 1,2	0,202
PCF (kg)	21,1 \pm 1,1	19,1 \pm 1,2	0,225
RCF (%)	48,5 \pm 1,2	47,3 \pm 0,7	0,289

FONTE: O autor (2018)

PA = Peso corporal ao abate PCQ = Peso de carcaça quente PCF = Peso de carcaça fria

5.4 EMISSÃO DE METANO RUMINAL

No que se refere às emissões brutas diárias de CH_4 ruminal ($g \text{ dia}^{-1}$), o sistema com cordeiros desmamados e suplementados, incluindo suas mães, promoveu semelhante emissão de gás se comparado ao sistema sem desmame e sem suplementação (Tabela 8). Ao se comparar apenas os cordeiros, os animais desmamados e suplementados exibiram maior emissão bruta diária de metano ruminal ($P=0,026$), bem como maior consumo total de MS (Tabela 6). Em relação às ovelhas, não houve diferença na liberação diária de CH_4 ($P=0,836$), porém, as emissões de CH_4 por kg de MS ingerida foram menores nas ovelhas que selecionaram forragens de maior digestibilidade (60,69% de DIVMS para ovelhas lactantes *versus* 55,14% para ovelhas desmamadas) e apresentaram níveis superiores de consumo diário.

Apesar das emissões brutas de cordeiros desmamados e suplementados se mostrarem superiores, a produção de CH_4 por kg de ganho e por kg de MS consumida foram similares entre os sistemas de terminação ($P=0,731$ e $P = 0,290$, respectivamente; Tabela 8). Tal resultado também pôde ser observado nas emissões por kg de produto final, com produção de gás por kg de PA ($P=0,408$) e por kg de carcaça fria ($P=0,497$) semelhantes entre os sistemas de terminação.

TABELA 8 - MÉDIAS E ERRO PADRÃO (M ± EP) PARA VARIÁVEIS RELACIONADAS COM A EMISSÃO DE METANO RUMINAL E PERDA DE ENERGIA BRUTA POR CORDEIROS E OVELHAS NOS SISTEMAS DE TERMINAÇÃO EM PASTAGEM DE INVERNO. FAZENDA CANGUIRI, PINHAIS/PR.

Emissão de CH ₄	Com desmame e	Sem desmame e	P
	com suplementação	sem suplementação	
	Cordeiro		
Emissão em g.dia ⁻¹	14,3 ± 1,7	10,2 ± 1,6	0,026
g CH ₄ .kg GMD ⁻¹	90,1 ± 15,7	78,1 ± 14,2	0,731
g CH ₄ .kg CMS ⁻¹	12,3 ± 1,9	10,7 ± 1,8	0,290
g CH ₄ .kg PVF ⁻¹	0,5 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,408
g CH ₄ .kg PCF ⁻¹	0,9 ± 0,2	0,8 ± 0,2	0,497
EB perdida g CH ₄ ⁻¹ (kcal)	198,2 ± 21,9	135,2 ± 21,3	0,026
EB perdida g CH ₄ ⁻¹ (%)	4,1 ± 0,8	3,5 ± 0,6	0,438
	Ovelha		
Emissão em g.dia ⁻¹	17,6 ± 1,5	19,9 ± 1,1	0,836
g CH ₄ .kg CMS ⁻¹	17,9 ± 1,1	9,1 ± 0,9	< 0,001
EB perdida g CH ₄ ⁻¹ (kcal)	262,5 ± 14,8	270,1 ± 27,8	0,836
EB perdida g CH ₄ ⁻¹ (%)	5,4 ± 0,7	3,4 ± 0,8	0,009
	Cordeiro + Ovelha		
Emissão em g.dia ⁻¹	31,5 ± 12,9	27,9 ± 1,8	0,887

FONTE: O autor (2018)

GMD = Ganho médio diário CMS = Consumo de matéria seca PA = Peso ao abate
EB = Energia bruta PCF = Peso de carcaça fria CH₄ = Metano

Assumindo que a densidade energética do CH₄ é de 55,22 MJ/kg (BROUWER, 1965), nas avaliações de energia bruta consumida pelos animais, a perda estimada de energia bruta (em kcal) via CH₄ ruminal foram superiores em cordeiros desmamados e suplementados (P=0,026) e semelhante entre ovelhas (P=0,836).

6 DISCUSSÃO

6.1 CARACTERÍSTICAS DE PASTAGEM

A massa de forragem média disponível aos animais se encontrava acima da cobertura mínima recomendada para esta espécie animal, que é de 1.600 a 2.000 kg MS ha⁻¹ (CARVALHO, 2004), valores considerados como referência para que não se limite a ingestão.

As características da pastagem, tanto botânicas como morfológicas, foram semelhantes para ambos os sistemas, permitindo isolar os fatores de pastagem para a avaliação dos parâmetros relacionados aos animais. Tais semelhanças demonstraram que o ajuste de carga animal durante o período experimental foi adequado e as características do dossel forrageiro foram homogêneas.

Todavia, ainda que a oferta de forragem tenha sido constante, os componentes morfológicos, tais como as lâminas foliares, tiveram disponibilidade inferior ao recomendado de 1000 kg MS.ha⁻¹ (POLI *et al.*, 2008).

6.2 CARACTERÍSTICAS DA DIETA E COMPORTAMENTO INGESTIVO

Considerando a composição química da dieta ingerida por cordeiros, percebeu-se que o fator que motivou o desempenho individual superior dos cordeiros desmamados e suplementados foi o aumento no consumo de MS total, provendo maior aporte protéico e energético proporcionado pela suplementação concentrada ofertada (19,2% PB e 71,9% NDT). Os valores médios encontrados para PB estão próximos aos citados por Carnevalli *et al.* (2001), que frisam que teores entre 17 e 19% caracterizam dietas de bom valor nutricional.

Os valores de FDN e FDA encontram-se de acordo com Luczyszyn e Rossi Jr. (2007), que observaram médias de 52,5 e 29,7%, respectivamente, em pastagens consorciadas de aveia e azevém. Valores de FDN abaixo de 60% não interferem negativamente no consumo de forragem (VAN SOEST, 1994), assim como valores de FDA abaixo de 40%, não sendo considerados como entrave ao consumo de herbívoros (NOLLER *et al.*, 1996).

Os cordeiros de ambos os sistemas tiveram capacidade de selecionar pastagem de boa qualidade e infere-se que a entrada de fêmeas reguladoras de carga animal, com idade aproximada de 15 meses, favoreceu a ação de pastejo por parte dos cordeiros desmamados e suplementados, já que as ovelhas mães dos cordeiros não estavam presentes. Isso porque essas borregas tinham maior experiência de pastejo (PROVENZA, 2003), e promoveram o acesso dos cordeiros aos componentes das plantas mais ricos nutricionalmente. A partir da ingestão da massa de colmos pelas borregas, as folhas tornaram-se mais acessíveis aos cordeiros (SILVA *et al.*, 2012).

Adicionalmente, os processos de aprendizagem do comportamento ingestivo de herbívoros incluem a observação dos congêneres, o que pode ter acarretado a modificação da seleção de alimento e ingestão (PROVENZA *et al.*, 2015). No caso de cordeiros terminados sem desmame e sem suplementação, os animais acompanharam o comportamento de suas mães.

O principal fator que modificou as características de pastejo entre os cordeiros foi a presença da suplementação, que fez com que tempo de pastejo ($P=0,028$), peso médio de bocado ($P<0,001$), número de bocados ($P<0,001$) e taxa de consumo de pastagem ($P<0,001$) tenham sido inferiores para animais com suplementação. Resultado semelhante com maior tempo de ruminação para animais desmamados e suplementados também foi descrito por Faisca (2017), pois este fato é decorrente do menor tempo gasto em atividade de pastejo, ou seja, quanto menor o tempo despendido para busca e consumo de forragem, maior o tempo de ruminação, afetando dessa forma a ingestão (PENNING *et al.*, 2004).

6.3 DESEMPENHO ANIMAL, CONSUMO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA

Apesar de inferior, o desempenho dos cordeiros mantidos sem desmame até o abate ($0,140 \pm 0,015 \text{ kg.dia}^{-1}$), revelou-se interessante, pois com esse ganho diário de peso, os cordeiros poderiam ser abatidos com 40 kg aos 189 dias de idade (6 meses), resultando em cortes de qualidade. Considerando os animais desmamados e suplementados, o peso de abate também seria favorável a qualidade do produto, que seria alcançado antes, aos 171 dias de vida.

Ao avaliar o desempenho e o perfil metabólico de cordeiros submetidos a quatro sistemas de terminação, com e sem o uso de desmame e suplementação, Fernandes *et al.* (2012) encontraram ganho diário superior nos sistemas com cordeiros suplementados e perfil metabólico semelhante entre cordeiros submetidos a desmame e suplementação e animais lactentes. Tal fato sugere que a suplementação a nível de 2% PC dia⁻¹ após o desmame complementa o aporte de nutrientes anteriormente fornecido pelo aleitamento, além de impulsionar o desempenho animal.

O leite, alimento de elevado valor nutricional, pode ter causado menor impacto no ganho de peso diário, pelo fato de que as ovelhas se encontravam no fim do ciclo lactacional, com média de 140 dias de lactação (FERNANDES *et al.*, 2009). O menor desempenho de cordeiros terminados ao pé da mãe pode também ter relação com o maior gasto energético associado à busca de alimento e aos processos de ingestão, o que poderia determinar menor energia disponível para a deposição de tecidos (NRC, 2007).

Essa premissa corrobora com o observado no monitoramento contínuo de bocados e com o estudo de Piazzetta *et al.* (2009), onde animais que não receberam suplemento permaneceram em média 50% mais tempo em pastejo. Observações semelhantes foram relatadas por Silveira *et al.* (2015) para cordeiros mantidos em pastagens de aveia e azevém sobressemeados em capim Aruana (*Panicum maximum* cv. Aruana) e por Bargo *et al.* (2003), que observaram que os animais diminuíram o tempo de pastejo de acordo com o aumento no fornecimento de suplemento.

O consumo de forragem em relação ao PC por cordeiros nos dois sistemas de terminação se mostrou inferior ao preconizado pelo NRC (2007), de 3,25% do PC dia⁻¹ para a categoria. Esse menor consumo de forragem pode ter sido influenciado pela presença de suplementação, seja via leite ou via suplemento concentrado, para todos os cordeiros.

Notou-se que o padrão de consumo dos cordeiros desmamados e suplementados sofreu interferência da suplementação ofertada, demonstrando que estes animais foram menos dependentes da forragem para suprir as exigências nutricionais, porém com maior consumo de MS total. O fornecimento de suplemento possibilitou o maior consumo, o que, adjunto à ingestão de forragem, totalizou 3,24 ± 0,27% PC.

Tal constatação relaciona-se ao efeito substitutivo desencadeado pela presença do concentrado na dieta. Observou-se, a partir da diminuição no consumo de volumoso, uma taxa de substituição de 37,67% nos cordeiros desmamados, que receberam suplementação concentrada.

O efeito substitutivo da forragem, com a presença do concentrado, também pode relacionar-se com a seletividade do animal na pastagem. Segundo Carvalho *et al.* (2007b), os cordeiros que apresentam sua demanda nutricional suprida parcialmente pelo consumo de concentrado têm a oportunidade de explorar melhor a pastagem durante o tempo de pastejo. Tal observação é demonstrada pelas proporções dos bocados realizados pelos cordeiros desmamados e suplementados.

O consumo e seleção de dieta variam entre categorias, porém também podem ser diferentes entre indivíduos, uma vez que a exposição a uma maior diversidade de alimentos tende a otimizar o suprimento da demanda nutricional do animal, se comparado à oferta de um único alimento balanceado (PROVENZA *et al.*, 2003).

A maior ingestão de MS pelas ovelhas lactantes pode ser explicada pela maior exigência nutricional inerente ao aleitamento e por meio da maior digestibilidade *in vitro* da MS colhida pelo monitoramento contínuo de bocados. Tais animais ingeriram forragem que apresentou digestibilidade de 60,69%, enquanto que ovelhas desmamadas consumiram dieta com 55,14% de DIVMS.

Valores de digestibilidade abaixo de 60%, para forrageira de clima tropical, podem limitar a ingestão devido ao enchimento do TGI (VAN SOEST *et al.*, 1991). Porém, o incremento na ingestão de MS não resultou em ganho de peso, demonstrando que a amamentação aumentou o gasto energético destas fêmeas e a energia diária consumida não foi suficiente para proporcionar recuperação de PC.

Com relação às características de carcaça, para ambos os tratamentos o rendimento de carcaça fria ou comercial encontra-se de acordo com o esperado, que varia de 40 a 50% para cordeiros de raças especializadas em produção de carne (MORENO E BOAVENTURA NETO, 2016).

6.4 EMISSÃO DE METANO RUMINAL

Os cordeiros desmamados e suplementados exibiram maior emissão bruta diária do gás CH₄ (g.dia⁻¹), corroborando com valores relatados anteriormente para ovinos jovens com até 35 semanas de idade, com emissões que variam de 10,7 a 14,7 g.dia⁻¹ (KNIGHT *et al.*, 2008).

Apesar da maior parte das pesquisas apontarem que animais jovens apresentam menores emissões, estudos como o de Knight *et al.* (2008) não encontraram influência da idade do animal na produção de metano. Muetzel e Clark (2015), por outro lado, apresentaram uma possível explicação referente a menores emissões em ovinos, sendo que animais jovens apresentam menor tamanho corporal e, conseqüentemente, menor capacidade ruminal; porém esta diferença com relação ao animal adulto tende a desaparecer quando os animais completam 1 ano de idade.

As ovelhas, independentemente do manejo imposto, apresentaram emissões inferiores aos encontrados por Ulliyat *et al.* (2002), que relataram valores na ordem de 33,2 g dia⁻¹ para ovelhas mantidas em pastagem de azevém durante a lactação. Em pastagem de verão, Faro (2017) relatou valores de emissão de 14,1 ± 1,3 g.dia⁻¹ em ovelhas lactantes, que foi abaixo do observado no presente estudo. Em estudo de Goopy *et al.* (2014), os pesquisadores classificaram como baixos emissores os animais com produção diária de metano ruminal semelhante à este experimento. Goopy *et al.* (2014) citaram que as ovelhas que emitiram em média 19 g.dia⁻¹ de CH₄ apresentaram menor tempo médio de retenção de digesta, menor quantidade de conteúdo particulado no rúmen, fase gasosa e líquida mais bem delimitada, além de menor volume ruminal.

Baixos níveis de emissão do gás também foram encontrados em método de pastoreio contínuo por Savian *et al.* (2014), ao compararem o sistema de pastejo ao rotacionado, independente da intensidade adotada. Isso se explica pelo favorecimento do comportamento de seleção de forragem de melhor qualidade, proporcionada pelo sistema contínuo (BRISKE *et al.*, 2008).

A menor produção de metano ruminal também pode ocorrer devido a fatores como: menor quantidade de MO no rúmen, mudanças na produção de ácidos graxos, aumento na produção de células microbianas produzidas durante a fermentação e, conforme estudos *in vitro*, cerca de 40% das variações observadas de emissão são atribuídas a diferenças no fluxo ruminal (GOOPY *et al.*, 2014).

A produção de metano ruminal está fortemente relacionada à ingestão de MS, sendo que 91% das emissões variam de acordo com o consumo do animal, seguido do nível de ingestão de energia metabolizável para manutenção, responsável por 88% da variação (MUETZEL E CLARK, 2015). O nível de ingestão de MS explica a maior parte da variação na produção de CH₄ e é o principal fator moderador da metanogênese.

Pôde-se observar uma relação positiva entre consumo de MS e a emissão de metano por animal neste experimento, bem como descrito anteriormente por Pinares-Patiño *et al.* (2003) e Hammond *et al.* (2013) em experimento com ovinos.

Ao transformar os valores de emissão diários para g CH₄kg CMS⁻¹, nota-se uma associação negativa entre consumo e emissão, como evidenciado por Savian (2013) ao avaliar ovinos em pastagem de azevém durante dois anos. O autor explica que tal fato pode estar relacionado à maior taxa de passagem da digesta pelo rúmen e o maior consumo de componentes com menor teor de carboidratos estruturais.

Pôde-se verificar, por meio do monitoramento contínuo de bocados, a preferência das categorias animais por estruturas verdes e menos lignificadas, como era o caso das folhas das gramíneas consumidas no bocado MIX, visto como o mais selecionado por cordeiros e ovelhas. Johnson e Johnson (1995) citam que o tipo de carboidrato é capaz de influenciar a produção de metano, a partir de modificações do pH ruminal e, como consequência, da microbiota.

Estudos que avaliaram a relação entre níveis de ingestão de ovinos em pastagem de azevém sobre a produção de CH₄ encontraram respostas variadas. Molano e Clark (2008) não encontraram diferença na emissão de metano ruminal por kg de MS com o aumento na ingestão, utilizando-se a técnica do gás traçador, enquanto que, no presente estudo, houve diferença na emissão por kg de MS no caso das ovelhas.

Ulyatt *et al.* (1984) e Pinares-Patiño *et al.* (2003) observaram que o aumento na quantidade de alimento ingerido contribui para uma fermentação menos extensa, o que pode conduzir a produção final de maior quantidade de propionato e menos hidrogênio livre (JANSSEN, 2010) e, conseqüentemente, menor produção de metano ruminal por kg de alimento consumido. Embora pareça que os componentes químicos da dieta tenham pouca influência na produção de CH₄, com a maior variação prevista pela concentração de PB (aumento na concentração de PB associa-se com uma leve redução na emissão), a composição da dieta afeta o nível

voluntário de ingestão (BEEVER *et al.*, 1986). No presente estudo, esta influência não foi perceptível.

Maior parte dos estudos voltados à determinação de relação entre ingestão de MS e emissão de metano ruminal baseia-se em forragens conservadas, com medidas de emissão realizadas em câmaras. Medições realizadas com a técnica do gás traçador mostram-se com maior variação e com correlações mais fracas entre emissão e ingestão de alimentos e sua composição, sendo que, para ovinos, a composição química da pastagem é responsável por menos de 2% das variações nas emissões (HAMMOND *et al.*, 2009).

As emissões de cordeiros desmamados e suplementados foram superiores, bem como o consumo total de MS. Porém, ao comparar os valores de metano ruminal por kg de GMD e kg de CMS, as emissões tornam-se semelhantes às dos cordeiros sem desmame e sem suplementação. O principal motivo que influenciou tais observações foi o maior GMD ($195 \pm 0,18$ gdia⁻¹ para cordeiros desmamados vs. $140 \pm 0,15$ gdia⁻¹ para cordeiros sem desmame), em virtude do maior CMS total e ao plausível efeito substitutivo parcial do consumo de forragem por suplemento concentrado.

Savian *et al.* (2014), ao avaliarem cordeiros com peso semelhante (35 ± 4 kg) porém com a pastagem como única fonte de nutrientes, encontraram valores superiores de emissão por kg de GMD, variando de 164 a 215 g, demonstrando que a suplementação via leite ou via suplemento auxiliou na diminuição da emissão por ganho de peso.

Ainda que os dois sistemas apresentem resultados similares de emissão por GMD, é primordial que se considerem as emissões de gases relativas à produção de alimento concentrado (HERRERO *et al.*, 2016). De acordo com os autores, a produção de alimentos destinados à nutrição animal é responsável por até 45% dos GEE emitidos (sendo a fertilização de pastagens e de culturas de grãos responsável pelos outros 55%).

Apesar da suplementação concentrada apresentar potencial mitigador da produção de metano ruminal, isto não pôde ser observado nesse estudo, bem como por Faro (2017), que também encontrou maiores valores de emissão de gás em cordeiros desmamados e suplementados. A metanogênese é sensível à mudança de pH ruminal (HOOK *et al.*, 2011), porém é possível que a quantidade necessária

de carboidrato não estrutural para haver diminuição do pH não foi ingerida via concentrado.

Notadamente, as emissões de metano por kg de MS ingerida foram menores para as ovelhas que selecionaram forragens de maior digestibilidade e apresentaram níveis superiores de consumo diário. Johnson e Johnson (1995) frisam que quando a digestibilidade da dieta aumenta a produção de metano ruminal tende a diminuir, o que se confirmou nesse estudo.

No que diz respeito à utilização de energia bruta consumida pelos animais, a perda estimada de energia via metano ruminal foi baixa em todas as categorias avaliadas. De acordo com Moss *et al.* (2000) e Johnson e Johnson (1995), as perdas podem variar de 2 a 12% da energia ingerida. O IPCC (2006) descreve perdas de aproximadamente 6,5% para ovinos, porém, devido às baixas emissões brutas de metano neste trabalho, as perdas de EB também foram inferiores à descrita.

Para que os sistemas possam ser adequadamente comparados, o modo mais recomendado é que se utilize a emissão de metano ruminal por kg de produto animal (COTTLE *et al.*, 2011). Quanto mais eficiente é o sistema, menor é a emissão por kg de produto. Desta forma, ao se considerar a emissão por kg de ganho de peso diário, os dois sistemas de terminação de cordeiros mostraram-se semelhantes ($P = 0,731$). Ainda, as emissões de metano ruminal relacionadas ao PA e ao PCF, que é o produto final do sistema de terminação dos cordeiros, não diferiram entre os distintos sistemas de terminação.

7 CONCLUSÕES

Os sistemas de terminação modificam o padrão de pastejo e, conseqüentemente, o consumo de matéria seca, o desempenho animal e a produção de metano de ovinos mantidos em pastagem com predominância de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) e aveia preta (*Avena sativa*).

Nas estratégias de terminação avaliadas, o sistema com cordeiros desmamados e suplementados até o peso de abate demonstra melhores índices de produtividade individuais e por área e, por sua semelhança em emissão por kg de produto final em relação ao sistema sem desmame e sem suplementação, o desmame precoce seguido de suplementação mostra-se o método mais eficiente para a produção de cordeiros em pastagens de inverno nas condições do Sul do Brasil.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença de suplementação concentrada após o desmame precoce dos cordeiros influenciou a maior ingestão de matéria seca total e, com acesso a nutrientes de alto valor nutricional, tais animais apresentaram melhores resultados de ganho de peso individual. Os melhores índices produtivos podem ter efeito mitigador nas emissões de metano ruminal, uma vez que diminuem o ciclo de produção de carne ovina.

Por outro lado, o uso da estratégia de suplementação em sistema pastoril não revelou incremento no rendimento de carcaça nem na diminuição da emissão bruta de metano ruminal pelos cordeiros desmamados, neste estudo.

Além disso, ao se optar pela suplementação concentrada como artifício na redução da emissão de gases de efeito estufa, é necessário que se considere o impacto ambiental intrínseco na produção dos insumos. A possibilidade de se reduzir a emissão de metano pode acarretar a elevação na emissão dos demais gases. Para se avaliar tal impacto, fazem-se necessários estudos de emissão na produção do suplemento concentrado, a presença de dejetos, bem como o seqüestro de carbono e a ciclagem de nutrientes nos diferentes sistemas de produção.

9 REFERÊNCIAS

ABDALLA, A. L.; LOUVANDINI, H.; SALLAM, S. M. A. H.; BUENO, I. C. S.; TSAI, S. M.; FIGUEIRA, A. V. O. *In vitro* evaluation, *in vivo* quantification, and microbial diversity studies of nutritional strategies of reducing enteric methane production. **Tropical Animal Health and Production**, v. 44, p. 953-964, 2012.

AGREIL, C.; MEURET, M. An improved method for quantifying intake rate and ingestive behaviour of ruminants in diverse and variable habitats using direct observation. **Small Ruminant Research**. n.54, p. 99-113, 2004.

ALLDEN, W.G.; WHITTAKER, A.M. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.21, p.755, 1970.

AZEVEDO, E. B.; POLI, C. H. E. C.; DAVID, D. B.; AMARAL, G. A.; FONSECA, L.; CARVALHO, P. C. F.; FISCHER, V.; MORRIS, S. T. Use of faecal components as markers to estimate intake and digestibility of grazing sheep. **Livestock Science**, v. 165, p. 42-50, 2014.

BAKER, S.K. Rumen methanogens and inhibition of methanogenesis. **Aust J Agric Res**, v. 50, p. 1293–1298, 1999.

BARBOSA, C.M.P.; CARVALHO, P.C.F.; CAUDURO, G.F.; LUNARDI, R.; GONÇALVES, E.N.; DEVINCENZI, T. Componentes do Processo de Pastejo de Cordeiros em azevém sob Diferentes Intensidades e Métodos. **Archivos de Zootecnia**. n.59, p. 39-50, 2010.

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

BARROS, C. S.; MONTEIRO, A. L. G.; POLI, C. H. E. C.; FERNANDES, M. A. M.; ALMEIDA, R.; FERNANDES, S. R. Resultado econômico da produção de ovinos para carne em pasto de azevém e confinamento. **Acta Scientiarum**, v. 31, n. 1, p. 77-85, 2009.

BARTHAM, G. T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. **The Hill Farming Research Organization Biennial Report 1984/1985**, p. 29-30, 1985.

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

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

BEEVER, D.F.; DHANOA, M. S.; LOSADA, H. R.; EVANS, R. T. CAMMELL, S. B.; FRANCE, J. The effect of forage species and stage of harvest on the processes of digestion occurring in the rumen of cattle. **Br. J. Nutr.**, v. 56, p. 439-454, 1986.

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, p. 363-371, 2013.

BONNET, O. J. F.; CEZIMBRA, I. M.; TISCHLER, M. R.; AZAMBUJA, J. C. R.; MEURET, M.; CARVALHO, P. C.F. Livestock selective behaviour in natural grasslands challenges the concept of plant preference in the elaboration of a successful diet. In: MICHALK, D. L.; MILLAR, G. D.; BADGER, W. B.; BROADFOOT, K. M. **Revitalising Grasslands to Sustain our Communities**. Proceedings of the 22nd International Grassland Congress. Sydney, AU. 2013.

BONNET, O. J. F.; MEURET, M.; TISCHLER, M. R.; CEZIMBRA, I. M.; AZAMBUJA, J. C. R.; CARVALHO, P. C. F. Continuous bite monitoring: a method to assess the foraging dynamics of herbivores in natural grazing conditions. **Animal Production Science**. n. 55, p. 339-349, 2015.

BORGES, L.M.; PASCHOAL, J.J. **A produção de gás metano na pecuária brasileira**. v.2. Cadernos de Pós-graduação da FAZU, Faculdades Associadas de Uberaba, Uberaba, 2011.

BOVAL, M.; ARCHIMÈDE, H.; FLEURY, J.; XANDÉ, A. The ability of faecal nitrogen to predict digestibility for goats and sheep fed with tropical herbage. **Journal of Agricultural Science**, v. 140, n. 4, p. 443–450, 2003.

BRASIL. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília, 2016. Disponível em: <sirene.mcti.gov.br/publicacoes>. Acesso em: 20 out 2017.

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.

BROUCEK, J. Production of methane emissions from ruminant husbandry: a review. **Journal of Environmental Protection**, v. 5, p. 1482-1493, 2014.

BROUWER, E. Report of subcommittee on constants and factors. In: BLAXTER, K. L. (Ed.) **Proceedings of the 3th Symposium on energy Metabolism Academic Press**, p. 441-443, 1965.

CAMPANA, L. L.; MODESTO, E. C.; BARROS, A. C. C.; ZANELLA, P. G.; CARVALHO, C. A. B.; FILHO, S. T. C. Ingestive behavior of crossbred heifers in four

seasons related to the structure of stargrass pasture. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 37, n. 1, p. 67-72, 2015.

CANESIN, R. C. **Frequência da suplementação de bovinos da raça Nelore mantidos em pastagem**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal/SP, 2009.

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. A estrutura da pastagem e o comportamento ingestivo de ruminantes em pastejo. In: JOBIM, C.C., SANTOS, G.T., CECATO, U. (Eds.). **SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS**, v. 1, p. 25-52, 1997.

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

CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A. Comportamento ingestivo de ruminantes: bases para o manejo sustentável do pasto. In: CECATO, C.; JOBIM, C. C. (Org.). **Manejo Sustentável em Pastagem**. Maringá, PR: UEM, v. 1, p. 1-20, 2005.

CARVALHO, P. C. de F.; KOZLOSKI, G. V.; RIBEIRO-FILHO, H. M. N.; REFFATTI, M. V.; GENRO, T. C. M.; EUCLIDES, V. P. B. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1147-1154, 2007a.

CARVALHO, S.; BROCHIER, M. A.; PIVATO, J.; TEIXEIRA, R. C.; KIELING, R. Ganho de peso, características da carcaça e componentes não-carcaça de cordeiros da raça Texel terminados em diferentes sistemas alimentares. **Ciência Rural**. v.37, n.3, p.821-827, 2007b.

CARVALHO, G.D. Agricultura e Aquecimento Global: Efeitos e Mitigação. In: 15º SIMPÓSIO AMBIENTALISTA BRASILEIRO NO CERRADO, 2009, Goiânia. **Enciclopédia Biosfera**, Suplemento Especial, Goiânia, vol.5, n.8, 2009.

CHAMPION, R. A.; RUTTER, S. M.; PENNING, P. D.; ROOK, A. I. Temporal variation in grazing behaviour of sheep and the reliability of sampling periods. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 42, p. 99-108, 1994.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. SINDIRAÇÕES - Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. Ed.: SINDIRAÇÕES. 2013.

CORDOVA, F. J.; WALLACE, J. D.; PIEPER, R. D. Forage intake by grazing livestock: a review. **J. Range Management**, v. 31, p. 430-438, 1978.

COTTLE, D. J.; NOLAN, J. V.; WIEDEMANN, S. G. Ruminant enteric methane mitigation: a review. **Anim. Prod. Sci.**, v. 51, p. 491-514, 2011.

DOVE, H.; MAYES, R. W.; Using n-alkanes and other plant wax components to estimate intake, digestibility and diet composition of grazing/browsing sheep and goats. **Small Ruminant Research**. n. 59, p. 123-139, 2005.

FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014. Disponível em: [HTTP://faostat3fao.org/home/index.html](http://faostat3fao.org/home/index.html) Acesso em: 27 janeiro 2018.

FAISCA, L. D. **Impactos dos sistemas de terminação de cordeiros a pasto sobre o comportamento ingestivo e a seleção alimentar**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2017.

FARIA, V.P.; MATTOS, W.R.S. Nutrição de bovinos tendo em vista performances econômicas máximas. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds). **Nutrição de bovinos: conceitos básicos e aplicados**. Piracicaba: FEALQ, p. 199-222. 1995.

FARO, A. M. C. F. **Consumo de forragem e emissão de metano enteric em sistemas de produção de cordeiros em pastagens**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2017.

FERNANDES, M. A. M.; MONTEIRO, A. L. G.; BARROS, C. S.; FERNANDES, S. R.; SILVA, M. G. B.; FERREIRA, F. S. Métodos para avaliação de produção de leite ovino. **Revista Brasileira de Agrociência (UFPEL)**, v. 15, p. 17-22, 2009.

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

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

FRANCE, J.; DIJKSTRA, J. Volatile fatty acids production. In: DIJKSTRA, J.; FORBES, J.M., FRANCE, J. (Eds) **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Wallingford: CAB International, 2005.

GARCIA-LOPEZ, P. M.; KUNG, L. Jr.; ODOM, J.M. *In vitro* inhibition of microbial methane production by 9,10 anthraquinone. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.74, p. 2276-2284, 1996.

GERDES, L.; WERNER, J. C.; COLOZZA, M. T.; POSSENTI, R. A.; SCHAMMASS, E. A. Avaliação de características de valor nutritivo de gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 955-963, 2000.

GINANE, C.; BONNET, M.; BAUMONT, R.; REVELL, D. K. Feeding behaviour in ruminants: a consequence of interactions between a reward system and the

regulation of metabolic homeostasis. **Animal Production Science**, v. 55, p. 247 - 260, 2015.

GLINDEMANN, T.; TAS, B. M.; WANG, C.; ALVERS, S.; SUSENBETH, A. Evaluation of titanium dioxide as an inert marker for estimating faecal excretion in grazing sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 152, p. 186-197, 2009.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. Forage Fiber Analysis: Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications. In: Agricultural Handbook, 379 (USDA). Washington, D. C.: **United States Department of Agriculture**, p. 20, 1970.

GOOPY, J. P.; DONALDSON, A.; HEGARTY, R.; VERCOE, P. E.; HAYNES, F.; BARNETT, M. ODDY, V. H. Low methane yield sheep have smaller rumens and shorter rumen retention time. **British Journal of Nutrition**, v. 111, p. 578-585, 2014.

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

HACKMANN, T.J.; SPAIN, J.N. Invited review: ruminant ecology and evolution: perspectives useful to ruminant livestock research and production. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 1320-1334. 2010.

HAMMOND, K. J.; HOSKIN, S. O.; BURKE, J. L.; WAGHORN, J. P.; KOOLARD, J. P.; MUETZEL, S. 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, p. 398-400, 2011.

HAMMOND, K. J.; BURKE, J. L.; KOOLARD, J. P.; MUETZEL, S.; PINARES-PATIÑO, C. S.; WAGHORN, G. C. 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 Technology**, v. 179, p. 121-132, 2013.

HERRERO, M. HENDERSON, B. HAVLÍK, P.; THORNTON, P. K.; CONANT, R. T.; SMITH, P.; WIRSENIUS, S.; HRISTOV, A. N.; GERBER, P.; GILL, M.; BUTTERBACH-BAHL, K.; VALIN, H.; GARNETT, T.; STEHFEST, E. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. **Nature Climate Change**, v. 6, p. 452-461, 2016.

HODGSON, J.; CLARK, D. A.; MITCHELL, R. J. Foraging behavior in grazing animals and its impact on plant communities. In: Fahey, G. C. Jr (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America & Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, p. 796-827, 1994.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Longman Handbooks in Agriculture, New York. 1990.

HODGSON, J. Ingestive behavior. In: LEAVER, J.D. (Ed.) **Herbage intake handbook**. Hurlay: British Grassland Society, p. 113, 1982.

HOOK, S. E.; STEELE, M. A.; NORTHWOOD, K. S.; WRIGHT, A. D. G. McBRIDE, B. W. Impacto of high-concentrate feeding and low ruminal pH on methanogens and protozoa in the rúmen of dairy cows. **Microbial Ecology**, v. 62, p. 94-105, 2011.

IAPAR. Instituto Agronômico do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. Classificação Climática. 2017. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 11/10/2017.

IPCC. Climate Change 2014: **Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)**. Chapter 11. Berlin, Germany. IPCC, 2014.

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

IPCC - **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2007.

JAMIESON, W. S.; HODGSON, J. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves under strip-grazing for grazing dairy cows. **Grass and Forage Science**, v. 34, n.1, p.69-77, 1979.

JANSSEN, P. H. Influence of hydrogen on rúmen methane formation and fermentation balances through microbial growth kinetics and fermentation thermodynamics. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v. 160, p. 1-22, 2010.

JOHNSON, K. A.; HUYLER, M.; WESTBERG, H.; LAMB, B.; ZIMMERMAN, P. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a sulfur hexafluoride tracer technique. **Environ. Sci. Technol.**, v. 28, p. 359-362, 1994.

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

KLINGMAN, D. L.; MILES, S. R.; MOTT, G. O. The cage method for determining consumption and yield of pasture herbage. **J. Am. Soc. Agron.**, v. 35, p. 739-746, 1943.

KNIGHT, T. W.; MOLANO, G.; CLARK, H.; CAVANAGH, A. Methane emissions from weaned lambs measured at 13, 17, 25 and 35 weeks of age compared with mature ewes consuming a fresh forage diet. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, p. 240-243, 2008.

KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R.A.; MCCRABB, G.J. Methane production and energy partition on cattle in the tropics. **British Journal of Nutrition**, 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.

LEAVER, J. D. Grass height as a indicator for supplementary feeding of continuously stocked dairy cows. **Grass and Forage Science**, v. 37, p. 285-290, 1982.

LIMA, J. A.; NASCIMENTO Jr, D.; QUEIROZ, A. C.; REGAZZI, J. R. Seletividade por bovinos em pastagem natural. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 3, p. 444-452, 1998.

LUCZYSZYN, V. C.; ROSSI JR, P. Composição bromatológica de pastagens de inverno submetidas a pastejo por ovinos, obtidas por fistulas esofágicas. **Rev. Acad.**, v. 5, n. 4, p. 345-351, 2007.

LUKAS, M. et al. Relationship between fecal crude protein concentration and diet organic matter digestibility in cattle. **Journal of Animal Science**, v.83, n.6, p.1332-1344, 2005.

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: 11 nov 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.

MCDONALD, I. R.; BODROSSY, L.; CHEN, Y.; MURRELL, J. C. Molecular ecology techniques for the study of aerobic methanotrophs. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 65, p. 83-103, 2008.

MERTENS, D.R. Nonstructural and structural carbohydrates. In: VAN HORN, H.H.; WILCOX, C.J (Eds.) **Large dairy herd management**. Champaign: American Dairy Science Association. 1992.

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

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTIC. **Estimativas anuais de gases de efeito estufa no Brasil**. 2º edição, Brasília, 2014.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTIC. **Efeito Estufa e a Convenção sobre Mudança do Clima**. 1999. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0000/346.pdf>. Acesso em: 23 fev 2017.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTIC. **Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal**. 1994. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0004/4199.pdf> Acesso em: 23 fev 2017.

MINSON, D. J. **Forage in ruminant nutrition**. Academic Press, San Diego. 1990.

MISRA, A. K. Contingency planning for feeding and management of livestock during drought. In: SHARMA, K. D.; RAMASASTRI, K. S. (Eds.) **Drought management**. Allied Publishers Pvt, New Delhi, p. 276,-286, 2005.

MOLANO, G.; CLARK, H. The effect of level of intake and forage quality on methane production by sheep. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, p. 219-222, 2008.

MOORE, K. J.; MOSER, L. E.; VOGEL, K. P.; WALLER, S. S.; JOHNSON, B. E. Describing and quantifying growth stages of perennial forage grasses. **Agronomy & Horticulture – Faculty Publications**, v. 507, 2001.

MORENO, G. M. B.; BOAVENTURA NETO, O. Avaliação e cortes da carcaça em ovinos e caprinos. **Ciê. Vet. Tróp.**, v. 19, n. 2, p. 32-41, 2016.

MORRISON, M.; MIRON, J. Adhesion to cellulose by *Ruminococcus albus*: a combination of cellulosomes and Pil-proteins? **FEMS Microbiol Lett**, v.185, p. 109-115, 2000.

MOSS, A.R.; JOUANY, J.P.; NEWBOLD, J. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. **Ann Zootech**, v. 49, p. 231-254. 2000.

MOTT, G.O.; LUCAS, H.L. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: **International Grassland Congress**, 6, 1952, Pennsylvania. Proceedings... Pennsylvania: State College Press, p. 1380-138, 1952.

MUETZEL, S.; CLARK, H. Methane emissions from sheep fed fresh pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 58, p. 472-489, 2015.

MUÑOZ, C.; YAN, T. WILLS, D.A.; MURRAY, S. GORDON, A.W. Comparison of the sulphur hexafluoride tracer and respiration chamber techniques for estimating methane emissions and correction for rectum methane output from dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 3139-3148, 2012.

MURRAY, A.R.; BRYANT, A.M.; LENG, R.A. Rates of production of methane in the rumen and large intestine of sheep. **British Journal of Nutrition**, v. 36, p. 319-352, 1976.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and New World camelids**. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2007.

NOLLER, C. H.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; QUEIROZ, D. S. Exigências nutricionais de animais em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 13, 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 319-352, 1996.

OLIVEIRA, D.; CARAMORI, P. H.; GRODZKI, L. **Mudanças globais do clima IAPAR e SEAB em busca de soluções**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, n. 29, 2007. Documento.

OLIVEIRA, E.R.; MONÇÃO, F.P.; GÓES, R.H.T.B.; GABRIEL, A.M.A.; PAZ, I.C.L.A.; NAAS, I.A.; SANTOS, R.C.; MOURA, L.V. Bioprodutos do cerrado: alternativas alimentares na redução da emissão de metano em bovinos – estudo de caso. **Revista Agrarian**, v. 24, p. 369-381, 2014.

OPIO, C.; GERBER, P.; MOTTET, A.; FALCUCCI, A.; TEMPIO, G.; VELLINGA, T.; HENDERSON, B.; STEINFELD, H. **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.

PASHA, S. M. **Economy and ecological dimensions of livestock economy**. Common wealth Publishers, New Delhi, 2000.

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, p. 497-511, 2006.

PENNING, P. D. Animal-based techniques for estimating herbage intake. In: PENNING P. D. (Ed). **Herbage Intake Handbook**. 2ed. Reading: The British Grassland Society, 2ed. P.53-94, 2004.

PEREIRA, L. G. R. Métodos de avaliação e estratégias de mitigação de metano entérico em ruminantes. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, n.26, p. 264-277, 2013.

PIAZZETTA, H. V. L.; MONTEIRO, A. L. G.; RIBEIRO, T. M. D. Comportamento ingestivo de cordeiros em terminação a pasto. **ActaScientiarum. Animal Sciences**, v. 31, n. 3, 2009.

PINARES-PATIÑO, C. S.; ULYATT, M. J.; LASSEY, K. R.; BARRY, T. N.; HOLMES, C. W. Ruminal 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, 2003.

POLI, C. H. E. C.; MONTEIRO, A. L. G.; BARROS, C. S.; MORAIS, A.;

FERNANDES, M. A. M.; PIAZZETTA, H. L. Produção de ovinos de corte em quatro sistemas de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 4, p. 666-673, 2008.

PRACHE, S.; GORDON, I. J.; ROOK, A. J. Foraging behaviour and diet selection in domestic herbivores. **Annals de Zootechnie**, v. 47, p. 335-345, 1998.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.T.S.; PEDREIRA, M.S.; LIMA, M.A.; BERCHIELLI, T.T.; DEMARCHI, J.J.A.A.; MANELLA, M.Q.; BARBOSA, P.F.; JOHNSON, K.A.; WESTBERG, H.H. **Técnica do gás traçador SF6 para medição de campo do metano ruminal em bovinos: Adaptações para o Brasil**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, n.76, 2004. Documento.

PROVENZA, F. D. **Foraging Behavior: Managing to Survive in a World of change**. Behavioral Principles for Human, Animal, Vegetation and Ecosystem Management. Utah State University. Department of Forest, Range, and Wildlife Sciences. Utah, EUA, 63 p., 2003.

PROVENZA, F.D.; VILLALBA, J.J.; DZIBA, L.E.; ATWOOD, S.B.; BANNER, R.E. Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. **Small Ruminant Research**. v. 49, p. 257 - 274, 2003.

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

SAVIAN, J. V. **Emissões de metano e consumo de forragem por ovinos em sistema de Integração Lavoura-Pecuária: efeito do método de pastoreio e da intensidade de pastejo**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre/RS, 2013.

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

SEJIAN, V.; GAUGHAN, J.; BAUMGARD, L.; PRASAD, C. **Climate change impact on Livestock: adaptation and mitigation**. Springer: New Delhi, India, 2015.

SEO, S. N.; MENDELSON, R. **Climate change impacts on animal husbandry in Africa: a Ricardian analysis**. World Bank Policy Research Series Working Paper, 2007. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/en/536591468192234567/Climate-change-impacts-on-animal-husbandry-in-Africa-a-Ricardian-analysis>. Acesso em: 27 janeiro 2018.

SILVA, M. G. B.; MONTEIRO, A. L. G.; SILVA, C. J. A.; FERNANDES, S. R.; SILVA, A. L. P.; PAULA, E. F. E. Estratégias de desmame precoce e de suplementação concentrada no comportamento diário de cordeiros produzidos em pastagem de

tifton. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. Salvador, BR. v.12, n.4, p.1084-1094, 2011.

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.

SKUCE, P.J.; MORGAN, E.R.; VAN DIJK, J.; MITCHELL, M. Animal health aspects of adaptation to CC: beating the heat and parasites in a warming Europe. **Animal**, v. 7(2), p. 333–345, 2013.

SUN, X. Z.; HOSKIN, S. O.; ZHANG, G. G.; MOLANO, G.; MUETZEL, S. PINARES-PATIÑO, C. S.; CLARK, H. PACHECO, D. Sheep fed forage chicory (*Cichorium intybus*) or perennial ryegrass (*Lolium perenne*) have similar methane emissions. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v. 172, p. 217-225, 2012.

STEINFELD, H.; GERBER, P; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES; M. & DE HAAN, C. **Livestock's long shadow environmental issues and options**. Rome: Food and Agricultural Organization for Organization of United Nations. 336 p, 2006.

THORPE, A. Enteric fermentation and ruminant eructation: the role (and control?) of methane in the climate change debate. **Climatic change**, v. 97, n.7, p. 407-413, 2009.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **J. Br. Grassl. Soc.**, v. 18, p. 104-111, 1963.

ULLYATT, M. J.; LASSEY, K. R. Methane emissions from pastoral systems: the situation in New Zealand. **Arch. Latinoam. Prod. Anim.**, v. 9, p. 118-126, 2001.

ULLYATT, M. J.; WAGHORN, G. C.; JOHN, A.; REID, C. W.; MONRO, J. Effect of intake and feeding frequency on feeding behaviour and quantitative aspects of digestion in sheep fed chaffed lucerne hay. **J. Agric. Sci.**, v. 102, p. 645-657, 1984.

ULLYATT, M.J.; LASSEY, K.R.; SHELTON, I.D.; WALKER, C.F. Methane emissions from sheep grazing four pastures in late Summer in New Zealand. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 48, p. 385-290, 2002.

ULLYATT, M .J.; LASSEY, K. R.; SHELTON, I. D.; WALKER, C. F. Methane emission from sheep grazing four pastures in late Summer in New Zealand. **J. Agr. Res.**, v. 48, p. 385-290, 2005.

UNGAR, E. D. Ingestive behavior. In: Hodgson, J. and Illius, A. W. (Eds) **The ecology and management of grazing systems**. CAB International, Wallingford, UK, p. 185-218, 1996.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for Dietary Fiber, and no Starch Polysaccharides in Relation Animal Nutrition. **Journal of Dairy Science**. v. 74, n. 10, p. 3583-3587, 1991.

VAN SOEST. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd Ed. Cornell University Press, Ithaca. 1994.

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

ZOTTI, C.A.; PAULINO, V.T. **Metano na produção animal: Emissão e minimização de seu impacto**. 2009. Disponível em: <<http://www.iz.sp.gov.br/pdfs/1259324182.pdf>> Acesso em: 03 jul 2017.

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

WOLIN, M.J.; MILLER, T.L. Microbe interactions in the rumen microbial ecosystem. In: HOBSON, P.N. (Ed.) **The rumen ecosystem**. Elsevier Applied Science, New York, 1988.

10 ANEXO 1. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA EMPREGADA PARA DETERMINAÇÃO DO MARCADOR EXTERNO DIÓXIDO DE TITÂNIO (TiO₂) EM AMOSTRAS FECAIS

A ingestão de forragem das ovelhas, nos sistemas com e sem desmame, foi estimada a partir da produção fecal, medida com o auxílio do marcador externo Dióxido de Titânio (TiO₂). Amostras de fezes foram coletadas da ampola retal das ovelhas antes da dosagem do marcador, para compor a amostra reconhecida como BRANCO. Após sete dias de adaptação à dose diária de 2,5 g do marcador dividida em duas doses de 1,25 g, coletou-se amostra de fezes diretamente da ampola retal das fêmeas, durante cinco dias consecutivos em dois períodos do dia. As amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 60°C, moídas em peneira de 1 mm e compostas por animal.

A quantidade de TiO₂ nas amostras de fezes foi determinada pelo seguinte procedimento: 1) 0,1 g de fezes, 3,5 g de Sulfato de Potássio (K₂SO₄) e 0,4 g Sulfato de Cobre (CuSO₄) foram pesadas em duplicatas e colocadas em tubo de digestão micro-Kjeldahl (100 mL), com adição de 10 mL de ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄); 2) realizou-se a digestão das amostras em bloco digestor a 420°C, durante duas horas, ou até a coloração das amostras ficar verde translúcido; 3) após resfriamento de no mínimo 30 minutos, o conteúdo foi passado para balão volumétrico de 100 mL e foi adicionado água destilada até completar o volume do balão, com cuidado para que fique nenhuma substância sobrenadante no conteúdo; 4) com o auxílio de micro-pipeta, adicionou-se à cubeta do espectrofotômetro 2,5 mL da amostra digerida e diluída + 0,1 mL de Peróxido de Hidrogênio P.A. (H₂O₂); 5) a amostra foi colocada no espectrofotômetro para determinação de absorvância a 410 nm.

O espectrofotômetro foi calibrado a partir de curva de calibração, preparada com a adição de 0, 2, 6, 8 e 10 mg de TiO₂ em tubos sem amostras de fezes. Utilizou-se a amostra padrão sem presença de TiO₂ para zerar o instrumento.

Para a curva de calibração, a mesma foi determinada da seguinte forma: 1) formulou-se a solução padrão com 100 mg de TiO₂ diluídos em 100 mL de água destilada; 2) prepararam-se 12 cubetas, com diferentes diluições e adição de 0,1 mL de H₂O₂, de acordo com a Tabela 1; 3) mediram-se as absorvâncias de cada amostra para calibração do instrumento.

TABELA 1 - QUANTIDADES DE SOLUÇÃO PADRÃO, ÁGUA DESTILADA, ÁGUA OXIGENADA PARA PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS CONTENDO TiO_2 , COM ABSORBÂNCIAS MÉDIAS, PARA CURVA DE CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTO DE ESPECTROFOTOMETRIA.

Cubeta	Solução Padrão (mL)	Água destilada (mL)	H ₂ O ₂ (mL)	Absorbância média
1	0,000	2,500	0,1	0,000
2	0,025	2,475	0,1	0,027
3	0,050	2,450	0,1	0,057
4	0,100	1,400	0,1	0,113
5	0,150	2,350	0,1	0,215
6	0,200	2,300	0,1	0,297
7	0,250	2,250	0,1	0,380
8	0,300	2,200	0,1	0,447
9	0,350	2,150	0,1	0,515
10	0,400	2,100	0,1	0,591
11	0,450	2,050	0,1	0,665
12	0,500	2,000	0,1	0,731

FONTE: O autor (2018)