

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

**METABOLISMO ENERGÉTICO E PRODUÇÃO DE
METANO EM CABRAS DA RAÇA ANGLONUBIANO**

**ANA REBECA CASTRO LIMA
Zootecnista**

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**METABOLISMO ENERGÉTICO E PRODUÇÃO DE
METANO EM CABRAS DA RAÇA ANGLONUBIANO**

ANA REBECA CASTRO LIMA

Orientador: Prof. Dr. Kleber Tomás de Resende

Coorientadora: Dra. Márcia H M R Fernandes

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia

2013

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO: METABOLISMO ENERGÉTICO E PRODUÇÃO DE METANO EM CABRAS ANGLONUBIANO

AUTORA: ANA REBECA CASTRO LIMA

ORIENTADOR: Prof. Dr. KLEBER TOMAS DE RESENDE

CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. MÁRCIA HELENA MACHADO DA ROCHA FERNANDES

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


Profa. Dra. MÁRCIA HELENA MACHADO DA ROCHA FERNANDES
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Profa. Dra. JULIANA DUARTE MESSANA
PÓS-DOUTORANDA / Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. LUIZ GUSTAVO RIBEIRO PEREIRA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Juiz de Fora/MG

Data da realização: 19 de dezembro de 2013.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me conceder o dom da vida

Aos meus pais por sempre me apoiarem em tudo que faço.

Ao Carlos Stefenson pela amizade e carinho durante esses dois anos.

À Universidade Estadual Paulista, especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização desse projeto.

À Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de estudos e pelos recursos concedidos ao projeto.

Aos professores Kleber, Izabelle e Marcia pela orientação e amizade nesses anos.

Em especial a Marcia, por tudo que tem feito por mim, além de se tornar uma amiga é uma mãe.

Ao profº Tony Waterhouse e Dave Ross pela dedicação em me receber, confiar em mim para ajuda na execução de tarefas e ter me ensinado muitas coisas.

Aos companheiros da cabritolândia Alana, Rafael, Fernanda, Bruno (Faiado), Carla, Astrid, Nhayandra, Diogo, Thiago (Justin) – em especial por ter me ajudando bastante em tudo, Anaiane, Amélia, Simone pela ajuda direta e indiretamente para a realização do meu experimento.

Aos ex-membros da cabritolândia.

Aos funcionários e colaboradores do Laboratório de Nutrição Animal: S.Orlando, Juliana, Joice e Magali pelos ensinamentos e colaboração durante a temporada de análises.

A Dr. Rosa da Embrapa meio ambiente, pela imensa ajuda na leitura das minhas amostras de metano.

Aos funcionários do Setor de Caprinocultura: Juninho e Carlinhos pelo auxílio.

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

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

CAPITULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura.....	3
2.1 Formação do metano entérico.....	3
2.2 Dietas com diferentes teores energéticos e a emissão de metano	5
2.3 Níveis de ingestão e emissão de metano.....	7
2.4 Técnicas de mensuração de metano	8
2.5 Referências bibliográficas	10
CAPITULO 2 - PRODUÇÃO DE METANO E METABOLISMO ENERGÉTICO DE CABRAS SUBMETIDAS À RESTRIÇÃO ALIMENTAR E REALIMENTAÇÃO.....	13
1. Introdução	14
2. Material e Métodos.....	15
2.1 Animais e Dietas	15
2.2 Ensaio de Metabolismo	16
2.3 Procedimentos da mensuração de CH ₄ pela metodologia do SF ₆	16
2.4 Procedimentos analíticos.....	19
2.5 Cálculos do balanço de energia.....	20
2.6 Análise Estatística	20
3. Resultados.....	21
3.1 Consumo	21
3.2 Ensaio de digestibilidade e balanço energético.	22
4 Discussão	25
5 Conclusão.....	27
6.Referências bibliográficas.....	28

CAPITULO 3 - PRODUÇÃO DE METANO E METABOLISMO ENERGÉTICO DE CABRAS SUBMETIDAS A DIETAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE VOLUMOSO: CONCENTRADO 30

1.Introdução	31
2.1 Animais e Dietas	32
2.2 Ensaio de Metabolismo	33
2.3 Procedimento da coleta de metano (CH ₄) pela metodologia do hexafluoreto de enxofre (SF ₆)	Erro! Indicador não definido.
2.3 Procedimentos analíticos.....	Erro! Indicador não definido.
2.4 Cálculos do balanço de energia.....	Erro! Indicador não definido.
2.5 Produção de gases <i>In vitro</i>	Erro! Indicador não definido.
2.6 Análise Estatística	37
3.1 Consumo	38
3.2 Ensaio de digestibilidade e balanço energético	39
3.3 Produção de gases <i>In vitro</i>	Erro! Indicador não definido.
4 Discussão	40
5 Conclusão.....	43
6 Referências bibliográficas	44

L732m Lima, Ana Rebeca de Castro
Metabolismo energético e produção de metano em cabras
Anglonubiano / Ana Rebeca Castro Lima. -- Jaboticabal, 2013
x, 58 p. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013
Orientador: Kleber Tomás de Resende
Co-orientadora: Marcia H.M.R Fernandes
Banca examinadora: Juliana Duarte Messana, Luiz Gustavo
Ribeiro Pereira.
Bibliografia

1. Caprinocultura. 2. Efeito estufa. 3. Ruminante. 4. SF₆. I. Título.
II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.39:636.084

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de
Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Ana Rebeca Lima filha de Ana Karla de Albuquerque Castro Lima e Esdras Cabral de Lima Junior nasceu no dia 8 de fevereiro de 1987 na cidade de Garanhuns-PE. Iniciou sua graduação em Zootecnia em agosto de 2006 na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG), colando grau no dia 26 de agosto de 2011. No mesmo mês deu início a pós graduação em Zootecnia na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” na área de nutrição de ruminantes, atualmente para a obtenção do título de Mestre. No período de fevereiro a abril de 2013 realizou estágio no exterior sob orientação do profº Tony Waterhouse na *Scottish Rural and Research College (SRUC)*, na cidade de Edimburgo – Escócia.

“Se pudéssemos ter consciência do quanto nossa vida é efêmera,
talvez pensássemos duas vezes antes de jogar fora as oportunidades
que temos de ser e de fazer os outros felizes.

Muitas flores são colhidas cedo demais. Algumas, mesmo ainda em botão.
Há sementes que nunca brotam e há aquelas flores que vivem a vida inteira
até que, pétala por pétala, tranquilas, vividas, entregam-se ao vento.

Mas não podemos adivinhar. Não sabemos por quanto tempo estaremos
enfeitando esse Éden e tampouco aquelas flores que foram plantadas ao
nosso redor. E descuidamos. Cuidamos pouco, de nós, dos outros.

Ficamos tristes por coisas pequenas e perdemos um tempo precioso.
Perdemos dias, muitas vezes anos. Ficamos calados quando deveríamos
falar. Falamos demais quando deveríamos ficar em silêncio. Não damos
o abraço que tanto pede a nossa alma porque algo em nós impede
essa aproximação. Não damos um beijo carinhoso por falta de costume
e não dizemos o quanto gostamos de alguém porque achamos
que nosso sentimento está explícito.

E passa a noite e chega o dia, o sol nasce e adormece, e continuamos
os mesmos, fechados em nós. Reclamamos do não temos, ou achamos
que não temos o suficiente. Cobramos dos outros, da vida,
de nós mesmos. E assim nos consumimos...

Costumamos comparar a nossa vida com as daqueles que possuem mais do
que nós. E se experimentássemos comparar com aqueles que possuem menos?

Isso faria uma grande diferença!

E o tempo passa... Passamos pela vida, mas não vivemos... Sobrevivemos,
porque não sabemos fazer outra coisa!

Até que, inesperadamente, acordamos e olhamos para trás. E então nos
perguntamos: e agora?!

Agora, hoje, ainda é tempo de reconstruir alguma coisa, de dar o abraço amigo
de dizer uma palavra carinhosa, de agradecer a Deus pelo que temos.
Nunca se é velho ou jovem demais para amar. Não olhe para trás. O que passou,
passou. O que perdemos, perdemos. Olhe para frente.

Ainda é tempo de apreciar as flores que estão inteiras ao nosso redor.

Ainda é tempo de recomeçar...”

(Autor desconhecido)

Ao meu avô Esdras Cabral de Lima (*In memória*), sem palavras para expressar o quanto significou e ainda significa em minha vida, mesmo estando tão longe, mas ao mesmo tempo tão perto de mim, me sinto feliz em poder estar realizando seu sonho...e sabes todas as minhas angustias e alegrias pois todos os dias sempre estamos juntos em oração.

Aos meus pais Esdras Cabral de Lima Junior e Ana Karla de Albuquerque Castro Lima, pelo apoio, companheirismo, dedicação, incentivo, paciência e por acreditar em mim. Obrigada por tudo que fazem, e o que representam na minha vida;

A minha querida e amada, irmã Ana Carolina Castro Lima, por me fazer rir nas horas mais difíceis;

A minha avó Neide, onde não encontro palavras para expressar o que sinto, e agradecer por tudo que fez e faz por mim: uma mãe, uma avó, uma amiga;

Aos meus Avós Cleonice “Cleo” e Manoel “Neco”, por estarem sempre ao meu lado, muito obrigado por simplesmente existirem em minha vida;

Ao Carlos Stefenson Ribeiro Junior, por tudo que fez por mim durante esses dois anos...muito obrigada!!!

Ao lugar que foi minha segunda casa por 5 anos – UFRPE/UAG, lá foi onde adquiri vivências e conhecimento para estar onde estou hoje!!

Aos meus queridos ex-professores da UFRPE/UAG.

Aos amados e verdadeiros amigos que fiz em Jaboticabal, e meus amigos de onde fiz graduação, agradeço por sempre dividirem comigo bons e maus momentos, acreditando, me dando forças, meu muito obrigado pela amizade e por tudo que fazem;

Ao Eduardo e a Cíntia...não tenho palavras pra descrever o quanto se tornaram importantes pra mim nesses últimos tempos...obrigada pela amizade, carinho, e ombro amigo sempre quando preciso!!!

Nada na vida é por acaso... Thiago Borghi...Obrigada por tudo que você faz por mim!!! Amizade, companheirismo, enfim...

A pessoa que se tornou muito especial, uma grande admiração tenho por você Marcia...que tanto me ensina, me apoia, me dá broncas, conselhos...etc considero acima de tudo uma amiga...uma “mãe” – *“Você foi o pegureiro das minhas ações, das minhas determinações. Foi sua voz que me levantou nas horas difíceis, que me deu novas forcas, que mostrou que cada dia é uma nova renovação...”*

Aos orientadores Izabelle e Kleber, obrigada por todo carinho, paciência, dedicação e amizade – *“Orientador é aquele que caminha com o tempo, propondo paz, fazendo comunhão, despertando sabedoria. é aquele que estende a mão, inicia o diálogo e encaminha para a aventura da vida. Não é o que ensina fórmulas, regras, raciocínios, mas o que questiona e desperta para a realidade. Não é aquele que dá de seu saber, mas aquele que faz germinar o saber do discípulo. É você, meu professor amigo que me compreende, me estimula, me comunica e me enriquece com sua presença, seu saber e sua ternura. Eu serei sempre um seu discípulo na escola da vida.”*

DEDICO.

METABOLISMO ENERGÉTICO E PRODUÇÃO DE METANO EM CABRAS DA RAÇA ANGLONUBIANO

RESUMO: O experimento foi conduzido no Laboratório de Estudos em Caprinocultura, UNESP / FCAV, Jaboticabal, SP. Foram utilizadas 15 cabras não lactantes e não gestantes, adultas, da raça Anglo Nubiana. Foram realizados dois estudos. O primeiro foi dividido em duas fases. Na primeira fase os animais foram submetidos à 3 níveis de restrição alimentar, a vontade - SR, restrição moderada - RM (~15% do consumo à vontade), e restrição severa - RS (~40% do consumo à vontade). Na segunda fase, os mesmos animais foram realimentados passando a ser alimentados todos à vontade. No segundo estudo, os animais foram submetidos a dietas com diferentes níveis de volumoso: concentrado (V:C) nas proporções de 25:75, 50:50, e 75:25. No primeiro estudo, durante a Fase 1 (restrição), os animais submetidos ao tratamento RS apresentaram menor consumo de matéria seca (CMS, g/dia) em relação aos animais do tratamento SR e RM. Ao contrário do esperado o CMS dos animais submetidos RM não diferiu daqueles que se alimentavam a vontade. Não houve diferença na digestibilidade da MS, dos nutrientes e da energia na Fase 1 (restrição) e na Fase 2 (realimentação) deste estudo. Já em relação ao balanço energético, a produção de metano (g/dia), na Fase 1 foi maior nos animais que se alimentavam a vontade. Na Fase 1 (restrição), a perda de metano foi 18% e 42% menor para os animais submetidos a RM e RS, respectivamente, em relação aos SR. A EM, EM/ED, qm foram maiores durante a Fase 2 (realimentação), em comparação à Fase 1 (restrição). No segundo estudo, o CMS, consumo de matéria orgânica (MO), proteína bruta e extrato etéreo aumentaram linearmente à medida que a relação V:C diminuiu. O consumo de fibra em detergente neutro apresentou um comportamento quadrático, aumentando até a proporção de V:C de 50:50 e decrescendo em seguida. A digestibilidade da MS, MO e energia bruta diminuíram linearmente com o aumento da relação V:C. A emissão de metano (g/dia), apresentou um comportamento quadrático sendo valores máximos encontrados para os animais que se alimentavam da dieta 50:50 V:C (18.2g/dia). Valores de EM, ED, relação EM/ED e a metabolizabilidade (qm), aumentaram linearmente ao redor de 15% com o aumento da proporção de 25 para 75% de concentrado na dieta. A ingestão de nitrogênio apresentou um comportamento linear apresentando maiores valores quando a proporção de concentrado na dieta aumentava, fato esse observado também para o balanço de nitrogênio. A excreção de N nas fezes foi maior para a dieta que tinha a proporção de V:C 50:50. Não houve efeito para a produção de metano *In vitro* níveis de volumoso e concentrado.

Palavra chave caprinocultura, efeito estufa, ruminante, SF₆

ENERGY METABOLISM AND METHANE PRODUCTION IN ANGLO-NUBIAN GOATS

Abstract: The experiment was conducted in the Laboratory for Research on Goat, UNESP / FCAV, Jaboticabal, SP. 15 non-lactating and non-pregnant, adult, Anglo Nubian goats were used. Two experiments were conducted. The first was divided into two phases. In the first phase the animals were subjected to 3 levels of feed restriction, ad libitum, moderate restriction (15% of ad libitum intake), and severe restriction (40% of ad libitum intake). In the second phase, the animals were fed back through to be fed all the will. In the second experiment, animals were fed diets with different levels of roughage: concentrate ratios of 25:75, 50:50, and 75:25. For the 1st and 2nd phase due to the treatment, the animals undergoing treatment RS had lower dry matter intake (DMI, g/day) compared to animals receiving SR and MR. Contrary to expectations CMS animals undergoing moderate restriction does not differ from those fed the will. There was no difference in DM digestibility, nutrients and energy in Phase 1 (restriction) and Phase 2 (feedback) of this study. In relation to energy balance, methane production (g/day) in Phase 1 was higher in animals fed the will. In Phase 1 (restriction) the energy lost in feces (kJ/kg BW^{0.75}) of animals undergoing RS was lower compared to animals receiving MR and SR. In Phase 1 (restriction), the loss was 18% methane and 42% lower for animals undergoing MR and RS. Variables EM, EM/ED, qm were higher during Phase 2 (feedback) compared to Phase 1 (restriction). For the 2nd experiment was no influence of treatments on CMS, CMO, CP and EE which showed a linear behavior increased as the forage: concentrate ratio decreases. The NDF had a quadratic behavior, increasing until the ratio of V:C 50:50 and decreasing thereafter. The digestibility of DM, OM and GE showed a linear effect being lower for diet forage: concentrate ratio of 75:25. Methane emissions (g/day) showed a quadratic behavior with maximum values found for animals fed diet 50:50 forage: concentrate (18.2g/dia). Values, DE, compared EM/ED and metabolization (qm) increased linearly around 15% with the increase from 25 to 75% concentrate diet. The nitrogen intake showed a linear behavior with higher values when the proportion of concentrate in the diet increased, a fact also observed for nitrogen balance. The N excretion in faeces was added to the diet had a ratio of V:C 50:50. There was no effect on methane production in vitro relation to different levels of roughage and concentrate treatments.

Keyword goat, greenhouse, ruminant, SF₆.

CAPITULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

Em ambientes onde os recursos são escassos, propiciando alimentação restrita e de baixa qualidade, as diferenças em requisitos de energia e eficiência digestiva, com base na eficiência do uso de energia bruta para a produção, são critérios muito importantes para a seleção do mais apropriado tipo de animal a ser criado nessas circunstâncias (DEVENDRA , 1990).

A maioria das pastagens do mundo ocorre em ambientes sazonais sendo caracterizadas por acentuadas flutuações na disponibilidade, e devido a isso os animais que vem destacando pela maior capacidade de adaptação são os caprinos, criados em condições adversas do semiárido, pois apresentam menor tamanho corporal, alta eficiência digestiva, e habilidade em diminuir seu metabolismo (SILANIKOVE.,1999).

Devido ao aumento na criação de animais a pasto, tem-se aumentado a preocupação na emissão dos gases de efeito estufa e os pequenos ruminantes (caprinos e ovinos) representam cerca de 6,5 % das emissões globais do setor, as emissões dos pequenos ruminantes chegam a 475 milhões de toneladas de CO₂, dos quais 299 milhões de toneladas são atribuídas à produção de carne, 130 milhões de toneladas para a produção de leite e 46 milhões de toneladas de CO₂ para outros bens e serviços. (IPCC., 2013).

. A produção de metano nos ruminantes ocorre por consequencia da presença de um grupo de microrganismos chamados de metanogênicos, os quais apresentam papel importante na conversão da materia orgânica em metano (GUAN et al., 2006). Consequentemente 3 a 7% da energia bruta dietética também é perdida, porem tanto a produção de metano como as perdas energéticas são moduladas pela digestibilidade do alimento, pela quantidade ingerida e por características relacionadas ao animal (JOHNSON & JOHNSON, 1995), de forma que os mecanismos fisiológicos e comportamentais responsáveis pela variação individual de metano ainda não é totalmente conhecida. Pinares-Patiño et al. (2003) relataram que a taxa de

fluxo de partículas de alimentos do rúmen são responsáveis por uma grande proporção da variação na emissão de CH₄ em ovelhas.

Hoje em dia se estudam várias tecnologias de mitigação de metano, incluindo estratégias de manipulação da dieta, uma das tecnologias mais promissoras para reduzir as emissões de metano em ruminantes, aumentando a produtividade dos animais (MARTIN et al, 2010;. PATRA, 2006). Dentre essas estratégias estão às dietas com alta proporção grão, podendo diminuir a formação de metano pelo fato das bactérias fermentadoras de amido produzirem propionato além de melhorarem a assimilação da amônia.

Outra estratégia ainda não elucidada seria o fornecimento de diferentes níveis de alimentação, podendo modificar a microbiota ruminal e conseqüentemente na digestibilidade do alimento e taxa de passagem, com conseqüente impacto na diminuição da emissão de metano. Fiens et al.,(2007) trabalhando com efeito da restrição alimentar em bovinos relataram que em condições de restrição, os animais passam a ser mais eficientes, e melhoram o aproveitamento de energia dos alimentos.

Portanto o desenvolvimento e implementação de estratégias de alimentação para redução da produção de metano não só irá reduzir a contribuição da pecuária para o metano atmosférico, mas também irá melhorar a eficiência da produção (JOHNSON e JOHNSON, 1995).

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivos avaliar o efeito da restrição alimentar e posterior realimentação, assim como o efeito de diferentes relações volumoso:concentrado da dieta sobre as perdas energéticas e produção de metano em cabras, mensurada pela técnica do hexafluoreto de enxofre.

2. Revisão de Literatura

2.1 Formação do metano entérico

A fermentação dos nutrientes pela microbiota ruminal (bactérias, protozoários e fungos) resulta na formação de ácidos graxos voláteis (usados pelo ruminante como fonte de energia) e de gases (CO_2 e CH_4), eliminados por meio da eructação e respiração (MARTIN et al., 2009).

O metano entérico é derivado da atividade das *Archaeas* metanogênicas (gêneros *Methanobrevibacter*, *Methanobacterium*, *Methanomicrobium* e *Methanosarcina*), um grupo microbiano distinto das *Eukarya* (protozoários e fungos) e *Bacteria*, possuindo cofatores (coenzima M, F420 e F430) e lipídeos (ésteres de isopranyl glicerol) únicos.

As archeas metanogênicas são extremamente importantes para o funcionamento normal do rúmen e manutenção da fermentação, mesmo respondendo por pequena parte da biomassa microbiana ruminal (JANSSEN & KIRS, 2008). O excesso de H_2 produzido no rúmen é utilizado pelas archeas metanogênicas para reduzir CO_2 e formar CH_4 o que recicla o NAD oxidado e permite a continuidade das vias fermentativas (KOZLOSKI, 2002).

A redução da metanogênese pode ser obtida inibindo reações que liberam hidrogênio no ambiente ruminal, promovendo reações alternativas que recebem o hidrogênio durante a reoxidação de equivalentes redutores e determinando reações alternativas consumidoras de hidrogênio (HEGARTY, 1999). De acordo com Nussio, et al.,(2011), a quantidade de metano gerada necessária para consumir H_2 está relacionada com os produtos finais obtidos mediante a fermentação dos carboidratos. Sendo esta uma relação inversamente proporcional entre o propionato produzido e a liberação de H_2 no meio, culminando na menor produção de metano.

Os diferentes produtos finais formados durante a fermentação ruminal (ácidos graxos voláteis) não são equivalentes em termos de liberação de H_2 . Portanto, a quantidade de H_2 livre liberado no rúmen depende da concentração de acetato, propionato e butirato produzidos (OWENS E GOETSCH, 1988; EUN et al., 2004; MARTIN et al., 2009).

A produção de acetato e butirato, predominante durante a fermentação de carboidratos fibrosos, resulta em liberação líquida de H₂ e favorece a metanogênese. De acordo com o balanço estequiométrico, a produção de acetato e butirato promovem maior produção de CH₄ (TEDESCHI et al., 2003).

O formato quando convertido em H₂ e CO₂, gera energia para as metanogênicas. Entretanto, o formato é menos importante como precursor do metano do que o H₂, contribuindo com aproximadamente 18% da produção (HUNGATE et al., 1970).

Já a formação de propionato é uma via competitiva de utilização de H₂ no rúmen, reduzindo a disponibilidade de substrato para a metanogênese. Assim, a produção de metano, que depende do balanço de hidrogênio no rúmen, é influenciada pela produção de acetato e propionato (HEGARTY, 2001).

2.2 Caprinocultura e hábito alimentar dos caprinos

A população caprina no Brasil foi estimada no ano de 2005 em 10 milhões de cabeças, segundo BRASIL (2010), com dados coletados do IBGE. A maior concentração do rebanho se encontra na região Nordeste, com 93%, o Sul com 4%, seguido da região Sudeste com 2,2%; Norte e Centro-Oeste apresentam 2% e 1%, respectivamente, com um aumento de 20% desde a década de 70 (IBGE, 2006).

O setor da caprinocultura principalmente das regiões Nordeste e Norte sofrem com a baixa utilização das tecnologias disponíveis, possivelmente pelo precário acesso a estas informações, levando a um sistema de produção com baixa eficiência.

Vários fatores têm sido descritos como responsáveis pelo hábito alimentar dos ruminantes em pastejo, dentre eles a composição morfológica da espécie forrageira consumida e seus efeitos pós ingestivo e o próprio aspecto morfológico do animal (SOLLENBERGER et al., 2001).

Um das características dos caprinos é a capacidade seletora dos animais facilitada pelas modificações anatômicas que ajudam na apreensão

dos alimentos (VAN SOEST, 1994), como lábio superior e língua com grande mobilidade que facilita esses animais a consumirem as partes mais nutritivas da forragem. Esse hábito alimentar, que classifica os caprinos como um dos ruminantes mais seletores, tende a facilitar o processo de acúmulo de colmos em gramíneas, tendência esta observada por Bratti et al. (2009) em trabalho com azevém e aveia preta, onde os autores não conseguiam observar controle efetivo do colmo, proporcionando mudanças na estrutura do dossel, diminuindo a relação folha/colmo.

2.3 Dietas com diferentes teores energéticos e a emissão de metano

O aumento na quantidade de concentrado na dieta reduz a proporção da energia dietética convertida para metano (BLAXTER E CLAPPERTON, 1965), ou seja, a adição de concentrado promove redução da emissão de metano como proporção da energia ingerida ou expressa por unidade de produto animal (leite e/ou carne).

Entretanto, de acordo com Martin et al. (2009), a baixa relação existente entre acetato:propionato, nem sempre ocorre quando os animais são alimentados com dietas ricas em concentrado. Nessas situações, a redução da emissão de metano pode ser explicada pela queda do pH ruminal e declínio do número de protozoários ciliados. O baixo pH ruminal também pode inibir o crescimento e/ou atividade das archeas metanogênicas e bactérias celulolíticas.

Desta forma, dietas com elevadas proporções de concentrado, induzem a redução da produção de metano em decorrência de:

- Inibição das metanogênicas (HEGARTY, 2001), das bactérias celulolíticas (BROSSARD et al., 2004) e dos protozoários ciliados pela redução do pH ruminal;
- Produção de bacteriocinas por bactérias lácticas, que inibem a atividade das metanogênicas (RODRIGUEZ E CAMPOS, 2007).

- Aumento da produção de propionato o que diminui a quantidade H₂ disponível no rúmen.

As perdas de metano mostram-se relativamente constantes para dietas contendo de 30 a 40% de concentrado (6 a 7% da EB ingerida) e então decrescem rapidamente para baixos valores (2 a 3% da EB ingerida) para dietas contendo de 80 a 90% de concentrado (LOVETT et al., 2003; BEAUCHEMIN AND MCGINN, 2005; MARTIN et al., 2008).

Berchielli et al. (2003) relataram comportamento linear para a produção de metano em bovinos de corte alimentados com diferentes relações volumoso:concentrado. Sendo os maiores valores observados para as dietas que o concentrado tinha participação de 30% na dieta. O resultado observado de acordo com os autores, sugere que a adição de concentrado, em baixas quantidades, propicia condições favoráveis aos microrganismos, disponibilizando energia para degradação da fração fibrosa no rúmen.

No entanto, a partir da adição de 60% de concentrado na dieta, o ambiente ruminal tornou-se prejudicial aos microrganismos responsáveis pela metanogênese, evidenciado pela queda no pH. Primavesi et al. (2004) também relataram que a substituição de volumoso por concentrado energético resultou em emissão máxima de metano quando o concentrado participou em 40% da matéria seca da dieta.

Outro fator que influencia a produção de metano é a qualidade e quantidade de volumoso na dieta (g/kg de matéria seca ingerida). No primeiro trabalho em que foi medida a emissão de metano, utilizando o método do gás traçador SF₆, em condições tropicais simuladas, com animais zebuínos (KURIHARA et al., 1999), concluindo que a maior emissão de metano está associada aos maiores níveis de ingestão de matéria seca pelo animal e com a menor densidade de energia da dieta. Assim, a emissão de metano foi maior para, os capins tropicais (metabolismo C4, com mais fibras e mais lignina), em comparação aos capins de clima temperado (metabolismo C3, com menos fibras e menos lignina) que por sua vez, foi maior que em dietas com teores significativos de concentrados (acima de 80% na matéria seca).

2.4 Níveis de ingestão e emissão de metano

O consumo pode ser limitado pelo alimento, animal ou pelas condições de alimentação (MERTENS, 1994). Além disso, não se sabe como o animal ajusta o consumo e a produção a partir de seus pontos críticos ou ótimos, na tentativa de se ajustar à dieta.

Se a densidade energética da ração for alta, isto é, com baixa concentração de fibra, em relação às exigências do animal, o consumo será limitado pela demanda energética do animal e o animal poderá deixar de ingerir alimentos, mesmo que o rúmen não esteja limitado (PRIMAVESI, 2004).

Por outro lado, se a dieta tiver baixa densidade energética, o consumo poderá ser limitado pelo enchimento ruminal. Entretanto, se a disponibilidade do alimento for limitada, nem a dilatação, nem a demanda energética serão importantes na predição do consumo (MERTENS, 1994).

Dessa forma, o animal consome alimento até atingir a capacidade máxima de ingestão de FDN, que passa a inibir a ingestão, havendo, assim, limite de distensão ruminal, que determina a interrupção da ingestão voluntária (MERTENS, 1987, 1988). Conrad et al. (1964) relataram que, em razão da ingestão voluntária ser dependente das características químicas e físicas da dieta, é importante incorporar, nas equações de predição, algumas medidas de qualidade do alimento para melhorar a acurácia das mesmas em prever a ingestão.

Segundo Blaxter e Clapperton (1965), o nível de alimentação interfere na emissão de metano, quando altas concentrações de carboidratos fibrosos são consumidas e perdas elevadas na forma de metano podem ocorrer. A ingestão de dietas de elevada digestibilidade geram menor perda de metano por Kg de MS ingerida.

Islam et al., (2000), trabalhando com produção de metano e balanço de energia com caprinos, concluíram que os níveis de ingestão podem afetar a população microbiana do rumem, bem como a digestibilidade dos nutrientes, e que estudos com níveis de ingestão são escassos em caprinos, existindo uma demanda por estas informações.

2.5 Técnicas de mensuração de metano

Para desenvolver estratégias de mitigação de metano é preciso quantificar as emissões dos animais em várias circunstâncias, e devido a isso se tem testado e usado diferentes técnicas.

De acordo com Gastaldi, (2003), muitos métodos estão disponíveis para medir a produção de gás em ruminantes e podem variar de incubações do conteúdo ruminal durante curto período (métodos indiretos) a elaborados sistemas em câmaras calorimétricas (métodos diretos). Em todos os casos existem vantagens e desvantagens, sendo a escolha do procedimento dependente principalmente, se as medidas serão realizadas em grupos de animais ou individualmente, ou se os mesmos poderão ser confinados em câmaras de respiração ou se movimentarem livremente durante as mensurações.

Dentre essas técnicas se destaca a do gás traçador SF₆, que consiste num gás inerte, e traçador que é liberado em taxa constante e permite o cálculo das emissões de metano, e pode ser utilizada em condições naturais de manejo, como animal a pasto, ou confinado.

A técnica do SF₆ foi desenvolvida na Washington State University por Johnson et al (1995), e envolve a utilização de cápsula preenchida com gás SF₆ e de um tubo permeação dosado no rúmen e a subsequente captação de ar, por um período de 24 h, em geral o qual será analisado para concentrações de CH₄ e SF₆, (LASSEY,2011). O cálculo da emissão diária CH₄ é baseado na relação das concentrações de CH₄/SF₆ e a "taxa" específica de liberação do SF₆ a partir do tubo capilar.

Existem evidências preliminares de que a taxa de permeação contribui para as variações entre animais observadas em estimativas de emissão de CH₄, (VLAMING et al 2005).

Para que o traçador seja eficiente na medição da emissão de CH₄, ele deve ter alguns requisitos: a taxa de liberação da cápsula de permeação necessita ser constante e previsível; o traçador não pode influir na fermentação ruminal; o traçador precisa ser detectado em concentrações baixas; o traçador necessita ser inerte e não pode ser tóxico.

As estimativas da produção total de metano, utilizando a técnica de SF₆, por conseguinte, depende da suposição de que o metano e SF₆ são predominantemente excretados através da boca e do nariz (ULYATT ET AL, 1999).

2.6 Referências bibliográficas

BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M. Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. **Journal of Animal Science**, v. 83, p.653–661, 2005.

BERCHIELLI, T.T.; PEDREIRA, M.S.; OLIVEIRA, S.G; PRIMAVESI, O.; LIMA, M.; FRIGUETO, R.T.S. Determinação da produção de metano e pH ruminal em bovinos de corte alimentados com diferentes relações volumoso: concentrado. Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. CD-ROM.

BLAXTER, K. L., AND J. L. CLAPPERTON. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **Br. Journal of Nutrition**. 19:511,1965.

BRATTI, L. F.; DITTRICH, J. R.; BARROS C. S.; DA SILVA, C. J. A.; MONTEIRO, A. L. G.; ROCHA, C.; ROCHA, F. M. F. Comportamento ingestivo de caprinos em pastagem de azevém e aveia-preta em cultivo puro e consorciado. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 10, n. 2, p. 397-405, 2009.

CONRAD, R.; SCHINK, B.; PHELPS, T. J. Thermodynamics of H₂-consuming and H₂-producing metabolic reactions in diverse methanogenic environments under in situ conditions. **FEMS Microbiology Letters**, v. 38, n. 6, p. 353-360, 1986.

EUN, J.S.; FELLNER, V.; GUMPERTZ, M.L. Methane production by mixed ruminal cultures incubated in dual-flow fermentors. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.87, p.112-121, 2004.

FIEMS, L. O., J. M. VANACKER, J. L. DE BOEVER, W. VAN CAELENBERGH, J. M. AERTS, AND D. L. DE BRAANDER. Effect of energy restriction and re-alimentation in Belgian Blue double-musled beef cows on digestibility and metabolites. **J. Anim. Physiol.** An. N. 91:54–6, 2007.

KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R. A.; McCRABB, G. J. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v.81, n. 3, p. 227-234, 1999.

GASTALDI, K.A. **Produção in vitro de metano, dióxido de carbono e oxigênio utilizando líquido ruminal de bovinos alimentados com diferentes rações**. 2003. 95f. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

GUAN, H.; WITTENBERG, K.M.; OMINSKI, K.H.; KRAUSE, D.O. Efficacy of ionophores in cattle diets for mitigation of enteric methane. **Journal of Animal Science**, v.84, p.1896-1906, 2006.

HEGARTY, R. S.. Reducing rumen methane emissions through elimination of rumen protozoa. **Australian Journal of Agricultural Research** 50, 1321–1327. 1999.

HEGARTY, R. S. Greenhouse gas emissions from the Australian livestock sector what do we know, what can we do? Canberra, NSW **Agriculture Australian Greenhouse Office**, 35p 2001.

HUNGATE, R. E.; SMITH, W; BAUCHOP, T.; YU, I.; RABINOWITZ, J. C. Formate as an intermediate in the rumen fermentation. **Journal of Bacteriology**, v. 102, p. 384-397, 1970.

JANSSEN PH & KIRS M. Structure of the archaeal community of the rumen. **Appl Environ Microb** 74: 3619–3625, 2008.

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

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 1 ed. Santa Maria: UFSM, 2002. 140p.

LASSEY, K. R.; PINARES-PATIÑO, C. S; MARTINA, R. J.; MOLANOB, G.; MCMILLANA, A. M. S. Enteric methane emission rates determined by the SF6 tracer technique: temporal patterns and averaging periods. **Animal Feed Science and Technology**. Amisterdam, v. 166, p. 183– 191; 2011.

LOVETT, D. K., LOVELL, S., STACK, L., CALLAN, J., FINLAY, M., CONOLLY, J. AND O'MARA, F. P..Effect of forage/concentrate ratio and dietary coconut oil level on methane output and performance of finishing beef heifers. **Livestock Production Science** 84, 135–146, 2003.

MARTIN, C.; ROUEL, J.; JOUANY, J. P.; DOREAU, M.; CHILLIARD, Y. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 2642–2650, 2008

MARTIN, C., FERLAY, A., CHILLIARD, Y. AND DOREAU, M. 2009B. Decrease in methane emissions in dairy cows with increase in dietary linseed content. In **Proceedings of the British Society of Animal Science**, Southport, UK, p. 21, 2009.

MERTENS, D. R. REGULATION OF FORAGE INTAKE. IN: G. C. FAHEY JR., M. COLLINS, D. R. MERTENS, AND L. E. MOSER, Forage quality, evaluation, and utilization. **Am. Soc. Agron.**, Madison, WI. p. 450–493, 1994.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; LIMA, M. L. M. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed). **Nutrição de Ruminantes**. 2. Ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011, p. 193-234.

OWENS, F. N.; GOETSCH, A.L. Ruminant fermentation. In: Church, D.C. (Ed) The ruminant animal: digestive physiology and nutrition. **Waveland Press**, p.145-171. 1988.

PATRA AK, KAMRA DN, AGARWAL N. Effects of plant extracts on *in vitro* methanogenesis, enzyme activities and fermentation of feed in rumen liquor of buffalo. **Animal Feed Science and Technology** 128, 276–291, 2006.

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

PRIMAVESI, O., FRIGHETTO, R.T.S., PEDREIRA, M.S., LIMA, M.A., BERCHILELLI, T.T., BARBOSA, P.F. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V.39, n.3, p.277-283, 2004.

RODRIGUEZ, N. M.; CAMPOS, W. E. Manipulação ruminal para redução da emissão de metano. In: Simpósio Nacional sobre Produção Animal e Ambiente, 1, 2007, Belo Horizonte. **Anais...Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais**, p. 1-28, 2007.

SOLLENBERGER, L. E.; BURNS, J. C. Canopy characteristics, ingestive behavior and herbage intake in cultivated tropical grasslands. . In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Anais... São Pedro: FEALQ** p. 321-327, 2001.

TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P. Potential Environmental Benefits of Ionophores in ruminant **Diets**.**Journal Environment Quarterly**, v.32, p.1591-1602, 2003.

ULYATT, M. J., BAKER, S. K., MCCRABB, G. J. AND LASSEY, K. R. Aust. **Journal Agricultural Research**. 50: 1329, 1999.

VLAMING, J. B., CLARK, H. AND VILLALOBOS, N. L.. The effect of SF6 release rate, animal species and feeding conditions on estimates of methane emissions from ruminants. Proc. N.Z. **Soc. Anim. Prod.** 65: 4_8. 2005.

CAPITULO 2 - METABOLISMO ENERGÉTICO E PRODUÇÃO DE METANO DE CABRAS SUBMETIDAS À RESTRIÇÃO ALIMENTAR E REALIMENTAÇÃO.

RESUMO - O objetivo desse estudo foi verificar se os animais que sofreram restrição alimentar por um período mudam o padrão de emissão de metano e metabolismo energético após realimentação. Foram utilizadas 15 cabras não lactantes e não gestantes, adultas, da raça Anglo Nubiana, com peso vivo médio inicial de 30 ± 2.93 kg. O experimento foi realizado em duas fases. Na primeira fase os animais foram submetidos a níveis de restrição alimentar, constituindo os tratamentos: sem restrição, restrição moderada (aproximadamente 15% do consumo ad libitum) e restrição severa, (aproximadamente 40% do consumo ad libitum). Na segunda fase, os mesmos animais foram submetidos a uma realimentação, onde todos os animais que estavam em restrição na primeira fase passaram a se alimentar todos a vontade. Cada fase foi composta por um período de 26 dias, sendo 21 dias de adaptação e 5 dias de coleta. Um ensaio de metabolismo foi realizado para determinar a digestibilidade dos nutrientes e o metabolismo energético dos animais. A mensuração do metano (CH_4) foi realizada por meio da metodologia do SF_6 adaptada para pequenos ruminantes. CMS dos animais submetidos RM não diferiu daqueles que se alimentavam a vontade. Não houve diferença na digestibilidade da MS, dos nutrientes e da energia na Fase 1 (restrição) e na Fase 2 (realimentação) deste estudo. Já em relação ao balanço energético, a produção de metano (g/dia), na Fase 1 foi maior nos animais que se alimentavam a vontade. Na Fase 1 (restrição), a perda de metano foi 18% e 42% menor para os animais submetidos a RM e RS, respectivamente, em relação aos SR. A EM, EM/ED, qm foram maiores durante a Fase 2 (realimentação), em comparação à Fase 1 (restrição) Como conclusão tem-se que animais em restrição alimentar emitem menos metano (g/dia) e ao serem realimentados a emissão aumenta, porém o aproveitamento energético da dieta pelo animal não é alterado.

Palavras chave: caprino, perdas energéticas, SF_6 , rúmen, metanogênicas

1. Introdução

Em determinadas regiões do mundo os animais passam por períodos intercalados de escassez e abundância de alimento, e com isso, quando sujeitos a restrição alimentar, são capazes de, dentro de certos limites, manter a homeostase e sustentar as funções produtivas por meio da alteração na taxa metabólica (HORNICK et al., 2000).

Entender o comportamento digestivo ruminal se faz uma ferramenta de grande valia, assim como a emissão de metano entérico e seu aproveitamento energético, pois a eliminação de CH₄ representa perda de energia para os ruminantes, o que acarreta redução da produtividade, seja pelo menor ganho em peso ou menor produção de leite e lã.

De acordo com Colucci et al., (1990), a diminuição da ingestão de alimentos pode ocasionar mudanças na população microbiana, modificações na absorção ou atividade metabólica da parede ruminal e, alterações na digestibilidade.

Alguns trabalhos estudaram os efeitos da restrição seguido de realimentação sobre a emissão de metano e eficiência do animal em suínos (LOVATTO et al., 2006, 2002) e bovinos (GRIMAUD et al., 1995, DOUREAU et al., 2001, FIEMS et al., 2006), indicando uma lacuna no conhecimento sobre o que ocorre no metabolismo da espécie caprina quando submetidos à restrição e posterior realimentação, cuja importância fundamenta-se no fato de que, na maioria dos países em desenvolvimento, os caprinos são a maior fonte de renda para o pequeno produtor por conseguir se adaptar em áreas mais secas (OWEN et al., 2004).

Além disso, evidências indicam que os caprinos são muito mais eficientes em ajustar o metabolismo energético e a utilização do nitrogênio do que outras espécies ruminantes (SILANIKOVE, 2000), conduzindo à hipótese de que os caprinos submetidos à restrição alimentar não modificariam o padrão de emissão de metano em relação aos animais alimentados à vontade.

Portanto o objetivo deste estudo foi verificar se cabras que sofreram restrição alimentar por um período mudam o metabolismo energético após realimentação bem como o padrão de emissão de metano.

2. Material e Métodos

2.1 Animais e Dietas

O experimento foi realizado no Laboratório de Estudos em Caprinocultura, UNESP / FCAV, Jaboticabal, SP. Localizado na latitude 21 ° 15'22" sul, longitude 48 ° 18'58" W, altitude 595m. O experimento foi aprovado pelo comitê de ética, com protocolo número 026167-07.

Foram utilizadas 15 cabras não lactantes e não gestantes, adultas, da raça Anglo Nubiana, com idade de aproximadamente 5 meses, peso vivo médio inicial de 30±2.93kg. Antes do início do experimento, os animais foram tratados contra endo e ecto parasitas.

O experimento foi realizado em duas fases. Cada fase foi composta por um período de 26 dias, sendo 21 dias de adaptação e 5 dias de coleta. Na primeira fase os animais foram divididos em cinco grupos de acordo com o peso (blocos) de tres animais, os quais foram sorteados entre os tratamentos: sem restrição (SR), restrição moderada (RM; aproximadamente 15% do consumo à vontade) e restrição severa (RS; aproximadamente 40% do consumo à vontade).

Na segunda fase, os mesmo animais foram submetidos a uma realimentação, onde os animais que estavam em restrição na primeira fase passaram a se alimentar todos ad libitum.

A dieta foi constituída por feno de milho onde foi realizado o corte da planta inteira colocando-a para secar exposta ao sol e logo após moida, e concentrado na proporção de aproximadamente 50:50 para ambas as fases (Tabela 1), e a mesma foi calculada para atender os requisitos de manutenção de acordo com o NRC (2001). A dieta era fornecida aos animais duas vezes ao dia, às 8:00 e 16:00, e recolhidas as sobras no dia seguinte para realizar o controle do consumo. Durante a Fase 1 (restrição), a quantidade de alimento oferecida aos animais submetidos à restrição alimentar foi baseada no consumo no dia anterior durante todo o experimento do animal alimentado à vontade pertencente ao mesmo grupo.

Tabela 1. Porcentagem dos ingredientes e composição da dieta.

Ingrediente	50:50		Composição da Dieta					
	%	% MS	EB ¹	PB	EE	FDN	MM	CHOT
Feno de milho	46,5	42,32	7,87	4,37	0,85	26,58	2,11	39,18
Farelo de soja	19	26,95	5,36	4,40	2,02	5,07	1,19	22,47
Fubá de milho	30,2	17,25	3,26	9,24	0,72	2,52	0,71	8,31
Óleo de Soja	1.1	1,12	4,61	-	1,13	-	-	-
Calcário	0.7	0,73	-	-	-	-	0,73	-
Sal mineral	1.6	1,57	-	-	-	-	1,52	-
Cloreto de amônia	0.9	0,89	-	1,47	-	-	0,05	-
Total	100.00	90,88	16,96	19,50	4,74	34,18	13,73	69,97

¹ Composição do suplemento mineral em Kg: 65g P; 180g Ca; 70g Na; 100g Cl; 80g Mg; 38g S; 4.000 mg Zn; 100g Co; 1.500 mg Mn; 1.100 mg Fe; 100 mg Cu; 150 mg I; 25 mg Se. ²MS = matéria seca, MM = matéria mineral, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, EB = energia bruta (MJ), FDN = fibra em detergente neutro, CHOT = carboidratos totais.

2.2 Ensaio de Metabolismo

O ensaio de metabolismo, foi realizado para determinar a digestibilidade dos nutrientes e o metabolismo energético dos animais. Todos os animais foram alojados em gaiolas metabólicas individuais, onde foi medido o consumo individual de cada animal, pesando as sobras e ajustando a dieta diariamente. A determinação da digestibilidade foi feita coleta total de fezes, urina e sobras durante 5 dias consecutivos, juntamente a coleta de metano. A urina foi acidificada todos os dias com 20 ml de ácido sulfúrico a 20% v/v. As fezes, e urina e sobras foram pesadas diariamente, sendo 10% amostrado e armazenadas a -20°C. Compostas de alimentos, sobras e fezes foram secas a 55°C, em uma estufa de ventilação forçada durante 72 h e moído a 1 mm, utilizando um moinho de facas.

2.3 Procedimentos da mensuração de CH₄ pela metodologia do SF₆

Foi utilizada a técnica do gás traçador SF₆ conforme Jonhson e Jonhson (1995), com adaptação do aparato coletor de gases para uma melhor adequação a espécie caprina.

Procedimentos para confecção do recipiente coletor. Os recipientes coletores de gás foram confeccionados em tubos de PVC de alta pressão (PN 80 – 8,0K gf/cm²), com 100 mm de diâmetro interno, 3,6 mm de espessura de parede e 28 cm de comprimento. As extremidades do cano foram fechadas com tampa (“cap”) de PVC de mesma classificação tomando a forma de cilindro com volume interno de 2 litros. Na lateral desse material foi fixada uma válvula com engate rápido perfurando a parede da tampa e do cano, tomando a forma de cilindro e não em formato de “U” ou “V” as cangas geralmente utilizadas para bovinos. Com essa adaptação obteve-se uma redução no peso do recipiente coletor (cilindro coletor) em torno de 500 g quando comparado a utilizada por bovinos. Todos os testes de pressão e vácuo foram feitos de acordo com a metodologia de mensuração de emissão de metano para bovinos adaptadas para o Brasil, (Primavesi et al., 2004).

Os cilindros coletores de gases pré-evacuados (-12,00 a -12,60 psi) foram presos ao animal e foram trocados a cada 24 horas, sempre pela manhã (08:00 hs). O cilindro coletor foi alocado no dorso do animal, próximo a cernelha, com a ajuda de uma sela de fixação com tiras. A estrutura interna desse aparato foi confeccionada em ferro soldado encapada com couro para proteção do cilindro e forrado para não ferir o dorso do animal e manter o bem-estar animal. As tiras de fixação foram confeccionadas em couro para essa fixação que passavam por baixo das axilas e no peito do animal (Figura 1).

A amostra de ar expirado e/ou eructado foi coletada por meio do conjunto formado por tubo capilar, mangueiras de PTFE - Teflon® (politetrafluoretileno) e filtro, presos a um cabresto alocado próximo a narina, semelhante ao utilizado na metodologia desenvolvida para bovinos (PRIMAVESI et al., 2004).

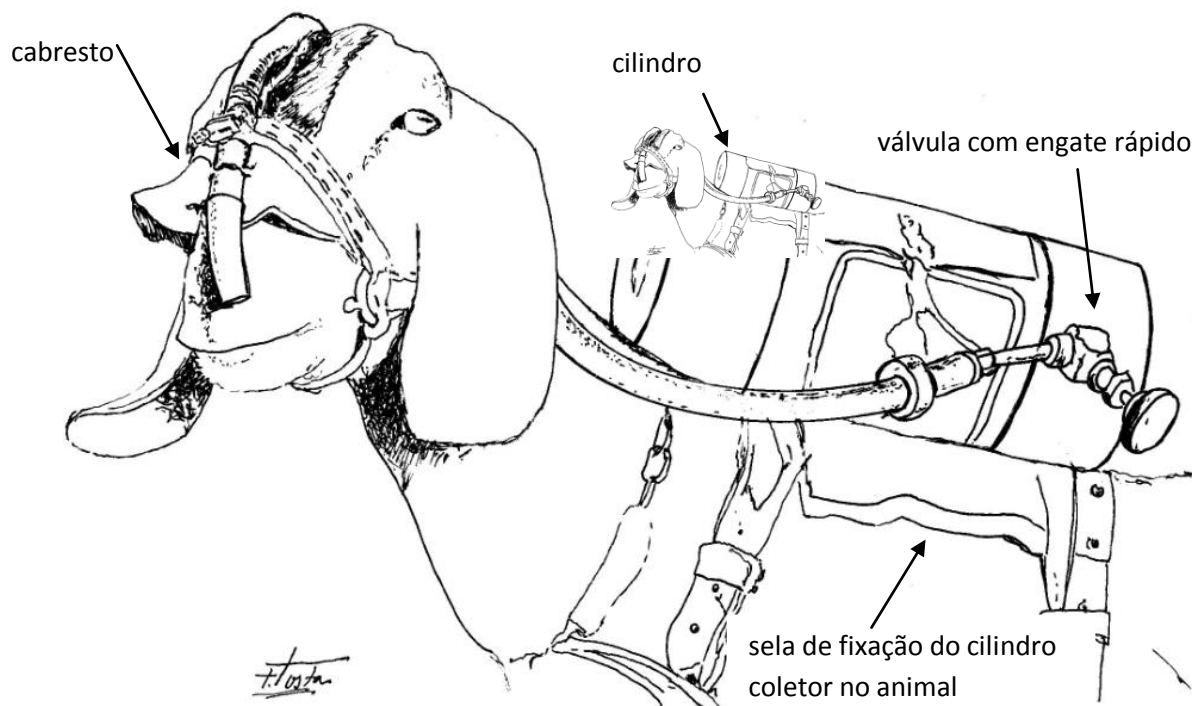


Figura 1. Cabra com cabresto e cilindro coletor de metano (Meister, 2013).

Procedimentos para confecção das cápsulas de permeação. Foram confeccionadas cápsulas de latão segundo Lassey (2001), equipadas com uma pastilha porosa de metal (porous stainless-steel frit) para suportar a pressão interna e arruela. Para controlar a taxa de liberação do gás traçador foi utilizada uma membrana de Teflon™ de 5 mm de espessura. As arruelas foram confeccionadas a partir de um bastão compacto de nylon 6,6mm. No bastão compacto foi feito um furo longitudinalmente com o mesmo diâmetro interno da cápsula de permeação, em seguida com o auxílio de um torno foi cortado perpendicularmente em finas películas, obtendo-se as arruelas.

As cápsulas de permeação receberam carga de aproximadamente 500 mg de SF₆ ultra puro, foram alocadas dentro de béquer e deixadas em banho-maria a 39°C, posteriormente foram pesadas semanalmente durante sete semanas consecutivas e as taxas de emissões foram determinadas por gravimetria.

Após a confecção foram identificadas capsulas de permeação com taxa de emissão entre 500 a 800 ng/min, abaixo da preconizada para bovinos de 1000

a 2000 ng/min (PRIMAVESI, et al, 2004). A cápsula foi introduzida no rúmen do animal, via sonda esofágica.

Análise do metano e SF₆. As medidas de CH₄ e SF₆ foram realizadas por meio da técnica de cromatografia gasosa. Para tal os cilindros foram pressurizados com N₂ (qualidade 5,0) até pressão de 1,40 psi, e o valor anotado para posterior cálculo de diluição. Os cilindros foram conectados diretamente no cromatógrafo para as leituras dos gases. As leituras das concentrações de CH₄ e de SF₆ foram realizadas em cromatógrafo a gás (Agilent® modelo 6890) equipado com dois injetores conectados a dois loops de aço inox com capacidades de 0,5 mL, acoplados a duas válvulas de seis vias com controle pneumático, detectores de ionização de chama (FID) para metano e de captura de elétrons (μ-ECD) para SF₆; com duas colunas: megabore Plot HP-Al/M (para metano) e HP-MolSiv (para SF₆). A partir da taxa conhecida de liberação do gás traçador no rúmen, das concentrações de metano e do gás traçador nas amostras de gás capturado, o fluxo de metano liberado pelo animal foi calculado em relação ao fluxo de SF₆ medido, pela equação geral segundo Westberg et al (1998): $Q_{CH_4} = Q_{SF_6} \times ([CH_4 \text{ cilindro}] - [CH_4 \text{ background}]) / ([SF_6 \text{ cilindro}] - [SF_6 \text{ background}])$, onde SF₆ é a taxa de emissão de SF₆ calibrada no tubo de permeação.

2.4 Procedimentos analíticos

Nas amostras dos ingredientes da ração, fezes e das sobras foram determinados os teores de matéria seca, segundo (AOAC, 1995/ 930.15), a matéria orgânica (AOAC, 1990/ 942.05), o teor de nitrogênio (Leco modelo FP 528 LC, Leco Corporation) (AOAC, 1990/ 968.06), o extrato etéreo (AOAC 1995/ 920.39). A energia bruta das sobras, alimentos, fezes e urina foram determinadas usando bomba calorimétrica (Parr Instrument Co., Moline, IL). A concentração de FDN foi determinada no aparelho Ankom 220 Fiber Analyser (ANKOM Technology Corporation, Macedon, NY, USA) utilizando amilase termoestável, de acordo com VAN SOEST et al.(1991).

2.5 Cálculos do balanço de energia

Para determinação do metabolismo energético, a energia digestível foi calculada multiplicando o consumo diário de energia bruta pela digestibilidade da energia da dieta de cada animal. A energia do metano foi calculada como o total de metano produzido em g/dia, a temperatura e pressão padrão (STP) x 9,45 kJ / L (BROUWER, 1965). O gasto de energia foi calculada dividindo-se a energia do metano pela ingestão de energia bruta. A energia metabolizável foi calculada subtraindo-se as perdas de energia nas fezes, urina e metano a partir de ingestão de energia bruta dividida pelo consumo de matéria seca.

As perdas energéticas na forma metano em relação à energia bruta ingerida (kJ/100 kJ ingestão EB) também foram estimadas utilizando a equação de Blaxter e Clapperton (1986):

$$\text{CH}_4 \text{ (kJ/100 kJ EBI)} = 3,67 + 0,062 \times D,$$

Em que D é a digestibilidade aparente de energia.

As comparações entre os valores preditos e observados foram realizadas conforme ST-PIERRE (2003).

2.6 Análise Estatística

Os dados foram analisados em um delineamento em blocos inteiramente casualizados com medida repetida no tempo. Utilizou-se o modelo misto como efeito fixo de tratamento (2 graus de liberdade, GL), período (1 GL) e suas interações (2 GL); e os efeitos aleatórios de bloco (4 GL), animal aninhado a bloco (5 GL; o erro para o efeito do período) e resíduo utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.2). Dentre todas as estruturas de erros investigadas, a estrutura simetria composta (CS), foi a melhor de acordo com o critério de informação bayesiano (BIC). Quando significativa às medias foram comparadas utilizando a diferença mínima significativa de Fisher (i.e., a opção DIFF do comando LSMEANS). Significância foi declarada a $P \leq 0.10$.

3. Resultados

3.1 Consumo

Foi verificado se a restrição imposta na fase 1 foi efetiva de acordo com o CMS, e dos nutrientes. (Tabela 2).

Tabela 2. Consumo médio diário, em gramas por dia (g/dia), em cabras Anglo-nubiana.

Fase	1			2			EPM	Contrastes	
	Restrição			Realimentação				SR vs.(RM +RS)	
Variáveis ²	SR	RM	RS	SR	RM	RS	F1	F2	
PV (kg)	33.2	34.6	34.6	34.7	35.5	34.4	2.6	0.04	0.69
CMS (g/day)	774	653	453	722	784	750	86	0.006	0.54
CMS (g/ kgBW ^{0.75})	56.0	45.5	31.7	50.6	53.7	52.7	5.1	0.004	0.63
CMO (g/ kgBW ^{0.75})	51.7	42.4	29.6	46.6	49.6	48.6	4.8	0.005	0.62
CPB (g/ kgBW ^{0.75})	11.2	10.8	8.8	10.3	6.2	10.5	1.1	0.005	0.76
CFDN (g/ kgBW ^{0.75})	16.9	15.2	10.6	13.6	17.4	15.0	1.7	0.04	0.18
CEE (g/ kgBW ^{0.75})	2.6	2.2	1.5	2.8	2.9	2.8	0.3	0.009	0.93
CEB (kJ/kgBW ^{0.75})	952	773	539	860	915	898	87	0.004	0.61

¹SR = sem restrição, alimentação ad libitum; RM = restrição moderada (aproximadamente 15% do consumo ad libitum); RS = restrição severa (aproximadamente 40% do consumo ad libitum). ²CMS = consume de material seca; CMO = consume de matéria orgânica; CPB = consumo de proteína bruta; CFDN = consumo de FDN; CEE = consumo de extrato etéreo, CEB = consumo de energia bruta.

Como consequência dos tratamentos, os animais submetidos a restrição moderada e severa de aproximadamente 15 e 40% respectivamente, consumiram menos do que os animais *ad libitum* durante a fase 1 (Tabela 2). No entanto quando realimentados na fase 2, o consumo não diferiu daqueles animais que não sofreram restrição alimentar.

3.2 Ensaio de digestibilidade e balanço energético.

Apesar da diferença imposta no consume, a digestibilidade da matéria seca (DMS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (CP), e FDN, não diferiram em relação aos níveis de alimentação e fases, com médias de $76\pm 2\%$, $75\pm 2\%$, $78\pm 2\%$ and $56\pm 4\%$, respectivamente.

Na fase 1, a emissão de metano (g/d) dos animais se alimentando *ad libitum*, foi de aproximadamente 17 e 36% maior do que os animais que se encontravam em restrição moderada e severa, respectivamente, no entanto essa diferença não foi observada na fase 2, quando todos os animais passaram a se alimentar *ad libitum*. A produção de metano por (g/ 100 g CMO or kJ/ 100 kJ CEB), não foi afetada pelos níveis de ingestão em ambas as fases ($P>0.05$) (Tabela 3).

Tabela 4. Balanço energético e emissão de metano, em cabras recebendo 3 níveis de ingestão e logo após sendo realimentadas.

Fase	1			2			EPM	Contrastes	
	Restrição			Realimentação				SRvs(RM+RS)	
Variáveis ²	SR	RM	RS	SR	RM	RS		F1	F2
CH ₄ (g/dia)	18.1	15.0	11.5	15.1	13.9	14.6	1.30	<0.001	0.47
CH ₄ (g/ 100 g CMO)	2.7	2.5	2.8	2.3	1.9	2.1	0.22	0.77	0.18
ED (MJ/kg MS)	12.8	12.0	12.1	13.6	12.9	12.8	4.0	0.80	0.06
EM (MJ/kg MS)	10.9	10.1	10.6	11.8	11.0	10.8	4.7	0.15	0.07
q	0.64	0.59	0.62	0.68	0.65	0.65	0.02	0.16	0.06
EM/ED	0.84	0.83	0.82	0.87	0.86	0.86	0.01	0.33	0.58
CH ₄ (kJ/ 100 kJ CEB)	8.1	7.7	8.6	7.0	5.9	6.4	0.62	0.91	0.17
EBfezes (kJ / 100 kJ CEB)	23.9	29.1	24.5	19.8	24.4	24.6	2.30	0.19	0.04
EB urina/(kJ/ 100 kJ CEB)	3.6	3.9	4.5	3.7	4.8	4.4	0.60	0.36	0.16

¹SR = sem restrição, alimentação *ad libitum*; RM = restrição moderada (aproximadamente 15% do consumo *ad libitum*); RS = restrição severa (aproximadamente 40% do consumo *ad libitum*). ²MS = material seca; CMO = consume de matéria orgânica; CEB = consumo de energia bruta; EM = energia metabolizável; ED = energia digestível; q = metabolizabilidade.

A energia bruta (EB) mensurada nas fezes (kJ/100kJ CEB) foi diferente ($P<0.05$) na fase de realimentação. A pesar da diferença na fase1, a perda de

energia nas fezes dos animais submetidos a restrição (Fase 1) foi aproximadamente 25% maior do que dos animais *ad libitum*, quando foram realimentados (Fase 2, Tabela 3).

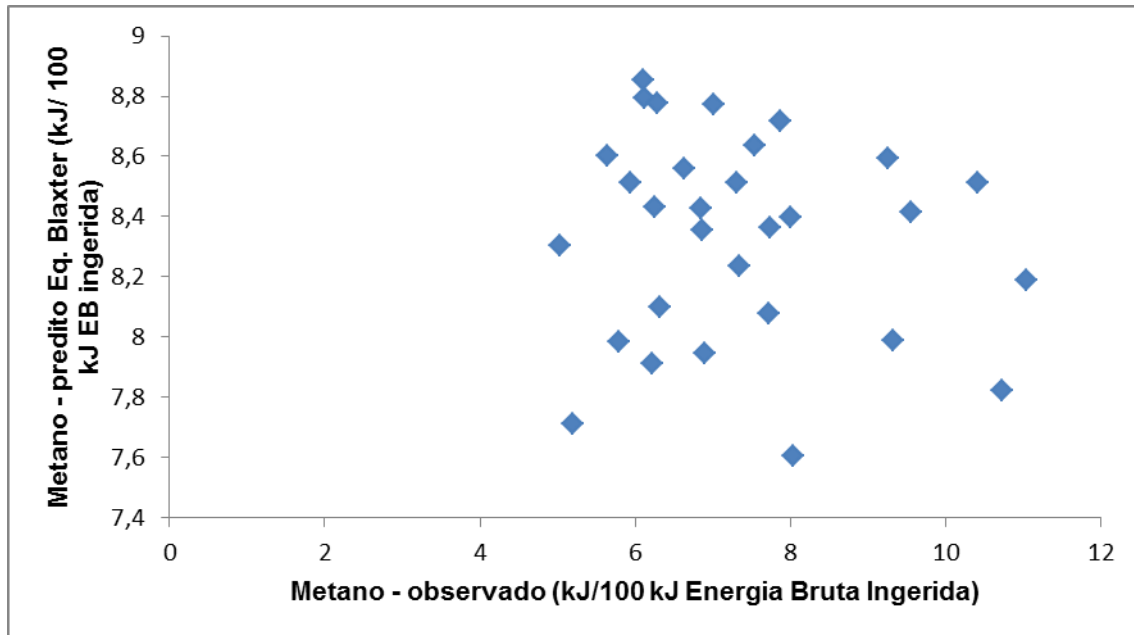


Figura 1. Relação entre perdas energéticas de metano em relação à energia bruta ingerida (kJ/100 kJ ingestão EB) observada e predita pela equação de Blaxter e Clapperton (1965)

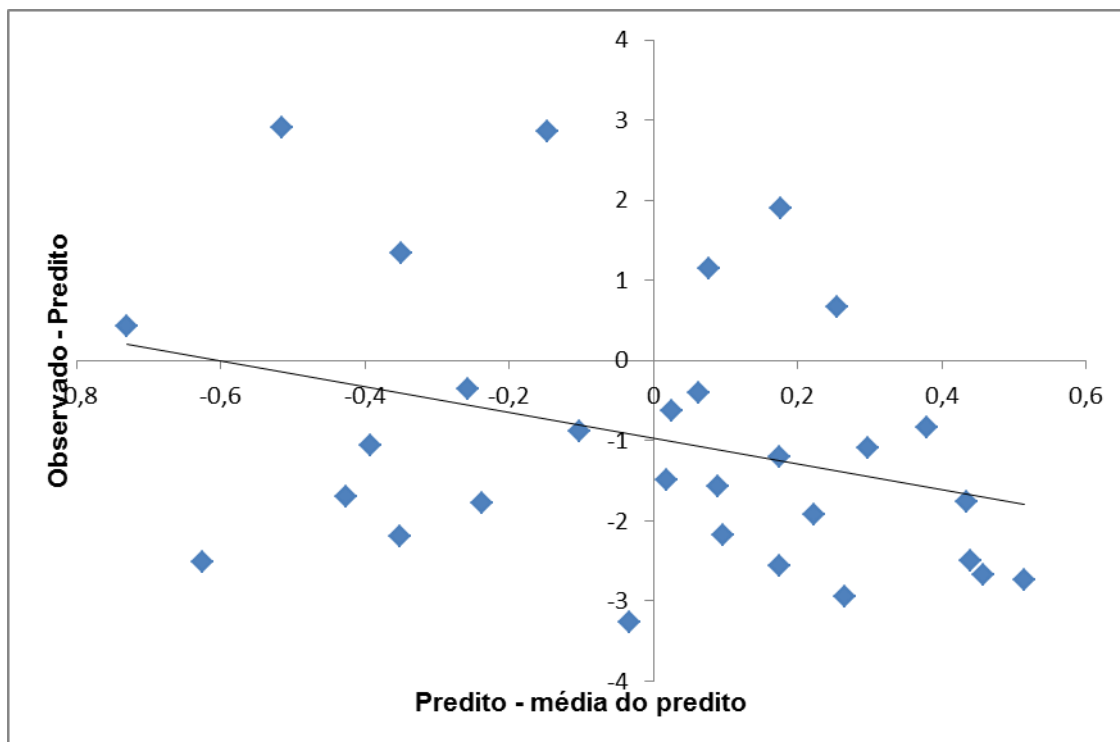


Figura 2. Perdas energéticas de metano em relação à energia bruta ingerida (PGD, kJ/100 kJ ingestão EB) predita centralizada pela média do valor predito contra PGD observada – predita (Blaxter e Clapperton, 1965). ($Y = -0,96 \pm 0,29 - 1,61 \pm 0,88 X$; RMSE = 1,62).

As figuras 1 e 2 mostram a relação entre os resíduos das perdas energéticas de metano em relação à energia bruta ingerida (PGD, kJ/100 kJ ingestão EB), observados neste estudo menos o predito de acordo com Blaxter e Clapperton (1965). O intercepto da equação de regressão ($-0,96 \pm 0,29$) diferiu de zero ($P = 0,003$), indicando o viés médio, de forma que a equação de Blaxter e Clapperton (1965) superestima a PGD em 0,96 ponto percentual, em média. Por outro lado, a inclinação da reta igual a $-1,61 \pm 0,88$, foi estatisticamente igual à zero ($P = 0,09$), indicando ausência de viés linear.

4 Discussão

De acordo com os resultados encontrados os animais apresentaram uma diferença no consumo de matéria seca e de nutrientes, conforme imposto pelo tratamento, porém esse fato não foi suficiente para provocar uma alteração na digestibilidade dos nutrientes.

O metano é um produto final oriundo da fermentação ruminal e constitui perda energética, por isso é objeto de estudo há décadas (HOWDEN E REYENGA, 1999). A emissão de metano é altamente influenciada pela ingestão de matéria seca, e devido a isso diversos autores mostraram em trabalhos que há correlação positiva entre a produção diária de metano e o consumo de matéria seca, (MILLS et al., 2003; ELIS et al., 2007; ELIS et al., 2009). Esse padrão de emissão de metano também foi observado nesse estudo obtendo uma variação de 18,1g CH₄/dia para animais consumindo a vontade até 11,5 g CH₄/dia para os animais que se encontravam em restrição alimentar severa (aproximadamente 40% do animal que consumia a vontade), ocorrendo um aumento para 14,5 g CH₄/dia quando esses últimos passaram a se alimentar a vontade.

Esses dados tornam-se importantes, levando em consideração que caprinos são animais seletivos, e que a grande maioria encontra-se em regiões semiáridas de países subdesenvolvidos, sendo considerados animais muito importantes para essas regiões. Dados encontrados neste trabalho podem contribuir com o banco de dados de inventários como do IPCC com emissões de metano de caprinos no mundo.

A restrição alimentar não causou alterações na utilização da EM, ED e qm para os animais que estavam em restrição severa quando comparados com os animais alimentados à vontade. Sanz Sampelayo et al. (2003), em seu estudo ponderaram que a eficiência dos animais em restrição alimentar mostrou-se similar aos animais se alimentando a vontade, atribuindo tal fato à capacidade dos animais sob restrição em aperfeiçoar vários processos como: digestão, absorção e reciclagem de nutrientes do pouco alimento ingerido. Fernandes et al.,(2006), trabalhando com restrição alimentar em caprinos e utilizando uma dieta semelhante à utilizada neste estudo, não observaram

diferenças na digestibilidade quando os animais foram submetidos a uma restrição alimentar de 30 e 60% do consumo de matéria seca.

No presente estudo foram encontradas perdas por CH_4 variando de 6 a 8% da energia bruta ingerida. Apesar da menor emissão de metano em g/dia, os maiores valores de perdas energéticas na forma de metano pela quantidade de energia bruta ingerida foram observados para os animais que se encontravam em restrição severa; porém quando esses animais foram realimentados (Fase 2), houve uma diminuição nestas perdas energéticas. Boadi et al. (2004) relataram que quando o nível de ingestão aumenta, ocorre uma diminuição das perdas energéticas na forma de metano pela quantidade de energia bruta ingerida, fato esse também observado por Johnson e Johnson., (1995).

Neste estudo, a dieta oferecida aos animais apresentava alta digestibilidade (~ 80%, Tabela 3), em função de uma boa concentração de grãos provenientes tanto do concentrado como do volumoso (feno de milho aprox. 40-50% grão). O maior CMS provavelmente acarretou em maiores taxas de fermentação da MO, favorecendo maior produção de propionato, o qual é uma via competitiva para utilização de H_2 , e menor relação acetato:propionato, e possivelmente um decréscimo do pH ruminal, de forma a diminuir proporcionalmente a perda energética de metano em função da quantidade de EB ou MO ingerida. Esse efeito foi ainda mais acentuado na Fase 2 (realimentação), de forma que a restrição alimentar prévia pode ter induzido a uma melhora no aproveitamento da energia consumida. Apesar dos animais que estavam consumindo a vontade nas duas fases terem também apresentado uma diminuição de 15% nas perdas por CH_4 em função da energia bruta ingerida, essa diminuição para os animais submetidos a RS na Fase 1 foi na ordem de 25% quando realimentados a vontade (Fase 2).

De acordo com o gráfico (Figura 1 e 2), pode-se observar uma superestimativa dos valores de produção de metano pelo método SF_6 quando comparados à equação de Blaxter e Clapperton (1965), esse fato pode ter ocorrido devido a equação utilizada para comparação dos dados não serem para caprinos nas condições impostas neste estudo, devido a isso torna-se

necessário o desenvolvimentos de equações para predição de metano entérico para cabras.

5 Conclusão

Animais em restrição alimentar emitem menos metano (g/dia) e ao serem realimentados não foi observado um aumento dessa emissão, porém o aproveitamento energético da dieta pelo animal foi alterado.

6.Referências bibliográficas

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 15 th ed. Whashington,1990.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of the Analytical Chemists**.16 th ed. Whashington, 1995.

BOADI, D.; BENCHAAAR, C.; CHIQUETTE, J.; MASSÉ, D. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: Update review. **Canadian Journal Animal Science**, v. 84, p. 319–335, 2004.

BLAXTER, K. L., AND J. L. CLAPPERTON. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **Br. Journal of Nutrition**. 19:511, 1965.

BROUWER, E. **Publs Eur. Ass. Anim. Prod.** no. 11, p. 1965.

COLUCCI, P. E., G. K. MACLEOD, W. L. GROVUM, I. MCMILLAN, AND D. J. BARNEY. 1990. Digesta kinetics in sheep and cattle fed diets with different forage to concentrate ratios at high and low intakes. **Journal of Dairy Science**.

DOREAU, M.; MICHALET-DOREAU, B.; GRIMAUD, P.; ATTI, N.; NOZIÈRE, P. Consequences of underfeeding on digestion and absorption in sheep. **Small Ruminant Research** v. 49, p.289–301, 2003

FERNANDES, M. H. M. R., K. T. RESENDE, L. O. TEDESCHI, J. S. J. FERNANDES, H. M. SILVA, G. E. CARSTENS, T. T. BERCHIELLI, I. A. M. A. TEIXEIRA, AND L. AKINAGA. Energy and protein requirements for maintenance and growth of Boer crossbred kids. **Journal of Animal Science**. 85:1014–1023, 2007.

FIEMS, L. O., VANACKER, J. M., DE BOEVER, J. L., VAN CAELENBERGH, W., AERTS, J. M., & DE BRABANDER, D. L. Effect of energy restriction and re-alimentation in Belgian Blue double-muscled beef cows on digestibility and metabolites. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 91(1-2), 54-61. 2007

GRIMAUD, P. AND DOREAU, M. Effect of extended underfeeding on digestion and nitrogen balance in nonlactating cows. **Journal of Animal Science** 73:211-219, 1995.

HORNICK, J.L., VAN EENAEME, C., G'ERARD, O. et al. Mechanisms of reduced and compensatory growth. **Domestic Animal Endocrinology**, v.19, p.121-132, 2000.

HOWDEN, S. M., P. J. REYENGA, AND H. MEINKE. "Global change impacts on Australian wheat cropping." Report to the Australian Greenhouse Office. **CSIRO, Canberra** (1999).

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

LASSEY, K. R.; WALKER, C. F.; MCMILLAN, A. M. S.; ULYATT, M. J. On the performance of SF₆ permeation tubes in determining methane emission from grazing livestock. **Chemosphere – global change science**, Oxford, v. 3, n. 4, p. 367-376, 2001.

MURRAY, R.M.; BRYANT, A. M.; LENG, R. A. Rates of production of methane in the rumen and large intestine of sheep. **British Journal Nutrition**, v. 36, p. 1-14, 1976

OWEN, E., SMITH, T., STEELE, M.A., ANDERSON, S., DUNCAN, A.J., HERRERO, M., LEAVER, J.D., REYNOLDS, C.K., RICHARDS, J.I., KU-VERA, J.C. (Eds.), 2004. Responding to the Livestock Revolution—The Role of Globalisation and Implications for Poverty Alleviation. British Society of Animal Science Publication No. 33. **Nottingham University Press**, Nottingham, UK, 370 pp.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R. T. S.; PEDREIRA, M. S.; LIMA, M. A.; BERCHIELLI, T. T.; MEMARCHI, 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. (Documento 39) São Carlos: **Embrapa Pecuária Sudeste**, 2004.77p.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**: version 8. Cary, 1999. 1028p

ST-PIERRE, N.R.. Reassessment of biases in predicted nitrogen flows to the duodenum by NRC 2001. **Journal Animal Science**. 86, 344–350, 2003.

SANZ SAMPELAYO, M.R., FERNÁNDEZ NAVARRO, J.R., RAMOS MORALES, E., DE LA TORRE ADARVE, G., BOZA, J.,. Digestive utilization of the fat and individual fatty acids of a protected fat rich in PUFAs in goats. In: First Joint Seminar, FAO-CIHEAM **Sheep and Goat Nutrition and Mountain and Mediterranean Pastures Sub-Network**. Granada, Spain, pp. 33, 2003.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, [S.I.], v. 67, p. 1- 18, 2000

ULYATT, M. J., BAKER, S. K., MCCRABB, G. J. AND LASSEY, K. R. (1999) Aust. **J. Agric. Res.** 50: 1329

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A., Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science** V. 74 p. 3583-3597.

CAPITULO 3 - METABOLISMO ENERGÉTICO E PRODUÇÃO DE METANO DE CABRAS SUBMETIDAS A DIETAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE VOLUMOSO: CONCENTRADO

Resumo- O objetivo desse estudo foi verificar se cabras que passam por dietas com diferentes níveis de volumoso e concentrado alteram o padrão de emissão de metano e seu metabolismo energético. O experimento foi realizado no Laboratório de Estudos em Caprinocultura, UNESP / FCAV, Jaboticabal, SP. Foram utilizadas 15 cabras não lactantes e não gestantes, adultas, da raça Anglo Nubiana, com peso vivo médio inicial de 30 ± 1.53 kg. Foi utilizado um delineamento experimental de blocos casualizados com 5 blocos (cada bloco com 3 animais) e 3 tratamentos. Nesse experimento os animais foram submetidos a dietas com diferentes níveis de volumoso: concentrado nas proporções de 25:75, 50:50, e 75:25. A dieta consistiu de feno de milho e concentrado. Um ensaio de metabolismo junto ao experimento foi realizado para determinar o metabolismo energético dos animais, e para a mensuração do CH_4 , foi utilizada a metodologia do SF_6 adaptada para pequenos animais. O CMS, consumo de matéria orgânica (MO), proteína bruta e extrato etéreo aumentaram linearmente à medida que a relação V:C diminuiu. O consumo de fibra em detergente neutro apresentou um comportamento quadrático, aumentando até a proporção de V:C de 50:50 e decrescendo em seguida. A digestibilidade da MS, MO e energia bruta diminuíram linearmente com o aumento da relação V:C. A emissão de metano (g/dia), apresentou um comportamento quadrático sendo valores máximos encontrados para os animais que se alimentavam da dieta 50:50 V:C (18.2g/dia). Valores de EM, ED, relação EM/ED e a metabolizabilidade (qm), aumentaram linearmente ao redor de 15% com o aumento da proporção de 25 para 75% de concentrado na dieta. Com isso concluímos que O aumento da proporção do concentrado na dieta reduziu a emissão de metano e proporcionou um melhor aproveitamento energético da dieta pelos animais.

Palavras chave: caprinocultura, mitigação, níveis de alimentação, SF_6 .

1.Introdução

O metano (CH₄) é um dos gases responsáveis pelo efeito estufa (GEE) e os ruminantes são responsáveis por emitir 80 milhões de toneladas desse gás por ano (BEAUCHEMIN, 2008). A redução dessa emissão de metano pela pecuária está mais ligada a modificações na dieta dos animais (Berchielli et al., 2011), e com isso algumas práticas nas modificações das dietas tem sido testadas sugerindo uma relação inversa entre o teor de concentrado e a produção de CH₄.

Popova et al, (2012), trabalhando com ovelhas submetidas a dois tratamentos (trigo e fubá de milho) observaram uma menor produção de metano com a dieta de maior proporção de concentrado a base de milho. Lovett et al., (2003), trabalhando com diferentes níveis de volumoso: concentrado (V:C) e adição de óleo de coco na dieta de novilhos, observaram uma redução quadrática na produção de metano com os maiores valores observados para dietas com relação V:C de 40:60. Já Bonhomme et al., (1990) em estudos relataram que a adição de concentrados na dieta de animais a nível de manutenção aumentou a produção de metano, e que este fato se deve a um aumento na proliferação de protozoários ciliados, os quais agem simbioticamente com as metanogênicas.

Este efeito da adição de níveis de concentrado na dieta na redução de metano ocorre principalmente devido à mudança na fermentação ruminal levando a uma maior relação propionato, considerando que as dietas fibrosas resultam numa produção preferencial de acetato, e o baixo pH ruminal causado pelo aumento de concentrado na dieta pode inibir o crescimento e/ou atividade das metanogênicas e bactérias celulolíticas (KOZLOSKI,2002).

Com o exposto vimos que ainda existem duvidas às causas relacionadas a adição de concentrado na dieta de ruminantes, nossa hipótese é que a diferença na relação de volumoso:concentrado na dieta de cabras irá influenciar no metabolismo energetico do animal, bem como fazendo com que aja uma diminuição de produção de CH₄.

2. Material e Métodos

2.1 Animais e Dietas

O experimento foi realizado no Laboratório de Estudos em Caprinocultura, UNESP / FCAV, Jaboticabal, SP. Localizado na latitude 21 ° 15'22" S, longitude 48 ° 18'58" W, altitude 595m. O experimento foi aprovado pelo comitê de ética, com protocolo número 026167-07.

Foram utilizadas 15 cabras não lactantes e não gestantes, adultas, da raça Anglo Nubiana, com peso vivo médio inicial de 30±1,53kg. Antes do início do experimento, os animais foram tratados contra endo e ecto parasitas.

O período experimental foi composto por 26 dias, sendo 20 dias de adaptação e 5 dias de coleta. Os animais foram divididos em cinco grupos (blocos) de tres animais, os quais foram sorteados entre os diferentes níveis de volumoso: concentrado nas proporções de 25:75, 50:50, e 75:25, constituindo os tratamentos. A dieta consistiu de feno de milho e concentrado (Tabela 1), e a mesma foi calculada para atender os requisitos de manutenção de acordo com o NRC (2001), a mesma era fornecida aos animais duas vezes ao dia, às 8:00 e 16:00, e recolhidas a sobras no dia seguinte para realizar o controle do consumo.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais.

Ingrediente	50:50		Composição da Dieta					
	%	% MS	EB ¹	PB	EE	FDN	MM	CHOT
Feno de milho	46,5	42,32	7,87	4,37	0,85	26,58	2,11	39,18
Fubá de milho	19	26,95	5,36	4,40	2,02	5,07	1,19	22,47
Farelo de soja	30,2	17,25	3,26	9,24	0,72	2,52	0,71	8,31
Óleo de Soja	1.1	1,12	4,61	-	1,13	-	-	-
Calcário	0.7	0,73	-	-	-	-	0,73	-
Sal mineral	1.6	1,57	-	-	-	-	1,52	-
Cloreto de amônia	0.9	0,89	-	1,47	-	-	0,05	-
Total	100.00	90,88	16,96	19,50	4,74	34,18	6,33	69,97

¹ Composição do suplemento mineral em Kg: 65g P; 180g Ca; 70g Na; 100g Cl; 80g Mg; 38g S; 4.000 mg Zn; 100g Co; 1.500 mg Mn; 1.100 mg Fe; 100 mg Co; 150 mg I; 25 mg Se. ²MS = matéria seca, MM = matéria mineral, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, EB = energia bruta, FDN = fibra em detergente neutro, CHOT = carboidratos totais.

Tabela 2. Composição das dietas experimentais.

Ingrediente	25:75		Composição da Dieta					
	%	% MS	EB ¹	PB	EE	FDN	MM	CHOT
Feno de milho	25	22,73	4228	2,35	0,46	14,28	1,13	21,04
Fubá de milho	19,19	46,07	8850	7,52	3,46	8,66	2,04	38,40
Farelo de soja	51,44	17,43	3418	9,33	0,73	2,55	0,71	8,40
Óleo de Soja	1,14	1,12	4626	-	-	-	-	-
Calcário	0,74	0,73	-	-	-	-	0,73	-
Sal mineral	1,59	1,57	-	-	-	-	1,52	-
Cloreto de amônia	0,9	0,89	-	1,47	-	-	0,05	-
Total	100,00	90,59	16,96	20,69	4,75	25,50	6,20	67,85

¹ Composição do suplemento mineral em Kg: 65g P; 180g Ca; 70g Na; 100g Cl; 80g Mg; 38g S; 4.000 mg Zn; 100g Co; 1.500 mg Mn; 1.100 mg Fe; 100 mg Co; 150 mg I; 25 mg Se. ²MS = matéria seca, MM = matéria mineral, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, EB = energia bruta, FDN = fibra em detergente neutro, CHOT = carboidratos totais.

Tabela 3. Composição das dietas experimentais.

Ingrediente	75:25		Composição da Dieta					
	%	% MS	EB ¹	PB	EE	FDN	MM	CHOT
Feno de milho	75	68,21	12685	7,05	1,38	42,84	3,41	63,14
Fubá de milho	18,94	0,55	1066	0,09	0,04	0,10	0,02	0,46
Farelo de soja	6,2	17,20	3374	9,21	0,72	2,51	0,70	8,29
Óleo de Soja	1,48	1,46	6006	-	-	-	-	-
Calcário	0,91	0,90	-	-	-	-	0,90	-
Sal mineral	2,16	2,14	-	-	-	-	2,07	-
Cloreto de amônia	0,9	0,89	-	1,47	-	-	0,05	-
Total	100,00	91,39	16,76	17,84	2,14	45,46	7,17	71,89

¹ Composição do suplemento mineral em Kg: 65g P; 180g Ca; 70g Na; 100g Cl; 80g Mg; 38g S; 4.000 mg Zn; 100g Co; 1.500 mg Mn; 1.100 mg Fe; 100 mg Co; 150 mg I; 25 mg Se. ²MS = matéria seca, MM = matéria mineral, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, EB = energia bruta, FDN = fibra em detergente neutro, CHOT = carboidratos totais

2.2 2 Ensaio de Metabolismo

O ensaio de metabolismo, foi realizado para determinar a digestibilidade dos nutrientes e o metabolismo energético dos animais. Todos os animais foram alojados em gaiolas metabólicas individuais, onde foi medido o consumo individual de cada animal, pesando as sobras e ajustando a dieta diariamente. A determinação da digestibilidade foi feita coleta total de fezes, urina e sobras durante 5 dias consecutivos, juntamente a coleta de metano. A urina foi

acidificada todos os dias com 20 ml de ácido sulfúrico a 20% v/v. As fezes, e urina e sobras foram pesadas diariamente, sendo 10% amostrado e armazenadas a -20°C. Compostas de alimentos, sobras e fezes foram secos a 55°C, em uma estufa de ventilação forçada durante 72 h e moído a 1 mm, utilizando um moinho de facas.

2.3 Procedimentos da mensuração de CH₄ pela metodologia do SF₆

Foi utilizada a técnica do gás traçador SF₆ conforme Jonhson e Jonhson (1995), com adaptação do aparato coletor de gases para uma melhor adequação a espécie caprina.

Procedimentos para confecção do recipiente coletor. Os recipientes coletores de gás foram confeccionados em tubos de PVC de alta pressão (PN 80 – 8,0K gf/cm²), com 100 mm de diâmetro interno, 3,6 mm de espessura de parede e 28 cm de comprimento. As extremidades do cano foram fechadas com tampa (“cap”) de PVC de mesma classificação tomando a forma de cilindro com volume interno de 2 litros. Na lateral desse material foi fixada uma válvula com engate rápido perfurando a parede da tampa e do cano, tomando a forma de cilindro e não em formato de “U” ou “V” as cangas geralmente utilizadas para bovinos. Com essa adaptação obteve-se uma redução no peso do recipiente coletor (cilindro coletor) em torno de 500 g quando comparado a utilizada por bovinos. Todos os testes de pressão e vácuo foram feitos de acordo com a metodologia de mensuração de emissão de metano para bovinos adaptadas para o Brasil, (Primavesi et al., 2004).

Os cilindros coletores de gases pré-evacuados (-12,00 a -12,60 psi) foram presos ao animal e foram trocados a cada 24 horas, sempre pela manhã (08:00 hs). O cilindro coletor foi alocado no dorso do animal, próximo a cernelha, com a ajuda de uma sela de fixação com tiras. A estrutura interna desse aparato foi confeccionada em ferro soldado encapada com couro para proteção do cilindro e forrado para não ferir o dorso do animal e manter o bem-

estar animal. As tiras de fixação foram confeccionadas em couro para essa fixação que passavam por baixo das axilas e no peito do animal (Figura 1).

A amostra de ar expirado e/ou eructado foi coletada por meio do conjunto formado por tubo capilar, mangueiras de PTFE - Teflon® (politetrafluoretileno) e filtro, presos a um cabresto alocado próximo a narina, semelhante ao utilizado na metodologia desenvolvida para bovinos (PRIMAVESI et al., 2004).

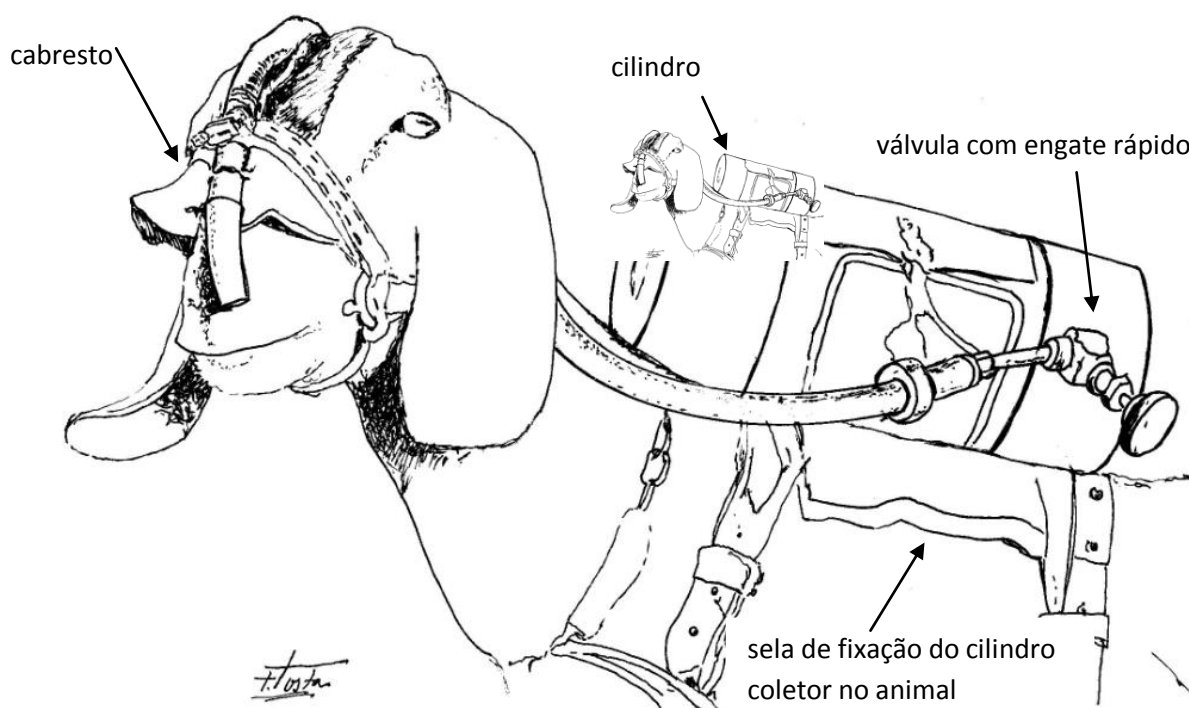


Figura 1. Cabra com cabresto e cilindro coletor de metano (Meister, 2013).

Procedimentos para confecção das cápsulas de permeação. Foram confeccionadas cápsulas de latão segundo Lassey (2001), equipadas com uma pastilha porosa de metal (porous stainless-steel frit) para suportar a pressão interna e arruela. Para controlar a taxa de liberação do gás traçador foi utilizada uma membrana de Teflon™ de 5 mm de espessura. As arruelas foram confeccionadas a partir de um bastão compacto de nylon 6,6mm. No bastão compacto foi feito um furo longitudinalmente com o mesmo diâmetro interno da

cápsula de permeação, em seguida com o auxílio de um torno foi cortado perpendicularmente em finas películas, obtendo-se as arruelas.

As cápsulas de permeação receberam carga de aproximadamente 500 mg de SF₆ ultra puro, foram alocadas dentro de béquer e deixadas em banho-maria a 39 C, posteriormente foram pesadas semanalmente durante sete semanas consecutivas e as taxas de emissões foram determinadas por gravimetria.

Após a confec o foram identificadas capsulas de permea o com taxa de emissão entre 500 a 800 ng/min, abaixo da preconizada para bovinos de 1000 a 2000 ng/min (PRIMAVESI, et al, 2004). A cápsula foi introduzida no rúmen do animal, via sonda esofágica.

Análise do metano e SF₆. As medidas de CH₄ e SF₆ foram realizadas por meio da técnica de cromatografia gasosa. Para tal os cilindros foram pressurizados com N₂ (qualidade 5,0) até presso  de 1,40 psi, e o valor anotado para posterior calculo de dilui o. Os cilindros foram conectados diretamente no cromatógrafo para as leituras dos gases. As leituras das concentra es de CH₄ e de SF₆ foram realizadas em cromatógrafo a gás (Agilent  modelo 6890) equipado com dois injetores conectados a dois loops de a o inox com capacidades de 0,5 mL, acoplados a duas válvulas de seis vias com controle pneumático, detectores de ioniza o de chama (FID) para metano e de captura de elétrons ( -ECD) para SF₆; com duas colunas: megabore Plot HP-Al/M (para metano) e HP-MolSiv (para SF₆). A partir da taxa conhecida de libera o do gás traçador no rúmen, das concentra es de metano e do gás traçador nas amostras de gás capturado, o fluxo de metano liberado pelo animal foi calculado em rela o ao fluxo de SF₆ medido, pela equa o geral segundo Westberg et al (1998): $Q_{CH_4} = Q_{SF_6} \times ([CH_4 \text{ cilindro}] - [CH_4 \text{ background}]) / ([SF_6 \text{ cilindro}] - [SF_6 \text{ background}])$, onde SF₆   a taxa de emissão de SF₆ calibrada no tubo de permea o.

2.4 Procedimentos analíticos

Nas amostras dos ingredientes da ra o, fezes e das sobras foram determinados os teores de matéria seca, segundo (AOAC, 1995/ 930.15), a

matéria orgânica (AOAC, 1990/ 942.05), o teor de nitrogênio (Leco modelo FP 528 LC, Leco Corporation) (AOAC, 1990/ 968.06), o extrato etéreo (AOAC 1995/ 920.39). A energia bruta das sobras, alimentos, fezes e urina foram determinadas usando bomba calorimétrica (Parr Instrument Co., Moline, IL). A concentração de FDN foi determinada no aparelho Ankom 220 Fiber Analyser (ANKOM Technology Corporation, Macedon, NY, USA) utilizando amilase termoestável, de acordo com VAN SOEST et al.(1991).

2.5 Cálculos do balanço de energia

Para determinação do metabolismo energético, a energia digestível foi calculada multiplicando o consumo diário de energia bruta pela digestibilidade da energia da dieta de cada animal. A energia do metano foi calculada como o total de metano produzido em g/dia, a temperatura e pressão padrão (STP) x 9,45 kJ / L (BROUWER, 1965). O gasto de energia foi calculada dividindo-se a energia do metano pela ingestão de energia bruta. A energia metabolizável foi calculada subtraindo-se as perdas de energia nas fezes, urina e metano a partir de ingestão de energia bruta dividida pelo consumo de matéria seca.

2.6 Análise Estatística

Os dados foram analisados em delineamento em blocos completos ao acaso utilizando modelos mistos, com os tratamentos considerados como efeito fixo (2 graus de liberdade, GL) e o grupo (4 GL) e o resíduo como efeitos aleatórios, utilizando-se o procedimento MIXED do SAS (version 9.2). Quando significativa, as medias entre tratamentos foram comparadas usando a diferença mínima significativa de Fisher (i.e., a opção DIFF do comando LSMEANS). Significância foi declarada a $P < 0.10$.

3.Resultados:

3.1 Consumo

Na tabela 2 se encontram os valores relacionados ao consumo de matéria seca (CMS), bom como dos nutrientes.

Tabela 2. Consumo médio diário, em gramas por dia (g/dia), em cabras Anglo-nubiana.

Variáveis ¹	Relação Volumoso:Concentrado					
	25:75	50:50	75:25	L	Q	EPM
Animais	5	5	5			
PV	38,8	37,7	39,1	0,76	0,32	3,16
PM	19,4	19,1	19,4	0,82	0,39	0,46
CMS (g/dia)	1091,3	991,6	737,3	0,04	0,57	106,93
CMS (kg/PC ^{0,75})	63,02	67,05	47,98	0,12	0,20	6,17
CMO (g/dia)	1027.4	930.5	682.8	0.04	0.55	99.79
CPB(g/dia)	186.5	192.9	134.2	0.09	0.24	24.64
CFDN (g/dia)	247.6	361.7	332.1	0.05	0.09	25.03
CEE (g/dia)	48.2	38.9	15.1	0.001	0.33	5.46

25:75 - 25% de volumoso e 75% de concentrado, 50:50 - 50% de volumoso e 50% de concentrado, 75:25 - 75% de volumoso e 25% de concentrado. ***L = efeito linear , Q= efeito quadrático (EPM = erro padrão da média) ¹Consumo de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), fibra em detergente neutro (CFDN), extrato etéreo (CEE) e energia bruta (CEB).

Houve influencia dos tratamentos no CMS, CMO, CPB e CEE o qual apresentou um comportamento linear aumentando à medida que a relação volumoso:concentrado diminui. O CFDN apresentou um comportamento quadrático, aumentando até a proporção de V:C de 50:50 e decrescendo em seguida.

3.2 Ensaio de digestibilidade e balanço energético

Na tabela abaixo se encontram os valores para a digestibilidade da MS e dos nutrientes.

Tabela 3. Digestibilidade em cabras recebendo 3 níveis de volumoso:concentrado.

Variáveis	Relação Volumoso:Concentrado					
	25:75	50:50	75:25	L	Q	EPM
DMS(%)	83,0	79,0	74,7	0,0052	0,9454	1,36
DMO(%)	82,1	77,8	72,9	0,0045	0,9082	1,47
DPB (%)	79,5	74,0	72,9	0,0579	0,4707	2,17
DFDN(%)	61,0	55,2	66,3	0,2893	0,0836	3,33
DEE (%)	87,4	91,7	91,5	0,6644	0,7906	6,77
DEB(%)	82,8	78,0	73,0	0,0022	0,9817	1,34

25:75 - 25% de volumoso e 75% de concentrado, 50:50 - 50% de volumoso e 50% de concentrado, 75:25 - 75% de volumoso e 25% de concentrado, ***L = efeito linear, Q = efeito quadrático (EPM = erro padrão da média) ¹Digestibilidade da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), proteína bruta (DPB), fibra em detergente neutro (DFDN), extrato etéreo (DEE) e energia bruta (DEB),

A digestibilidade da MS, MO e EB, apresentaram um efeito linear sendo menores para a dieta de relação volumoso:concentrado de 75:25 e maiores quando os animais se alimentaram da dieta com maior proporção de concentrado.

Tabela 4. Valores do ensaio de metabolismo, produção de metano e perdas de energia em cabras recebendo 3 níveis volumoso:concentrado.

Variáveis	Relação Volumoso:Concentrado			Efeitos		
	25:75	50:50	75:25	L	Q	EPM
CEB (MJ/kg ^{0,75})	10,7	11,4	8,0	0,1056	0,1703	10,3
CH ₄ (g/dia)	15,4	18,2	15,6	0,8585	0,0105	1,25
CH ₄ (g/100g MO)	1,78	1,68	2,33	0,0992	0,2570	0,20
CH ₄ (g/ 100g FDN)	6,62	5,25	4,72	0,0303	0,5811	0,80
EB fezes (kJ/kg PC ^{0,75})	18,1	27,8	21,3	0,3759	0,0381	23,92
EB urina (kJ/kg PC ^{0,75})	30,8	35,8	32,6	0,7199	0,4091	3,50
EB CH ₄ (kJ/kg PC ^{0,75})	54,6	67,0	55,4	0,8123	0,0067	3,28
ED (MJ/kg MS)	14,2	13,3	12,2	0,0036	0,7240	30,5
EM (MJ/kg MS)	12,7	11,3	10,3	0,0026	0,7030	37,6
EM/ED	0,89	0,87	0,84	0,0250	0,7309	0,01
qm	0,74	0,66	0,61	0,0030	0,5253	0,02
Perdas CH ₄ (kJ/100 kJ EBI)	5,36	5,09	7,14	0,0768	0,2317	0,58
Perdas Urina/EBI	3,0	3,1	4,0	0,0973	0,5142	0,39
Perdas Fezes/EBI	17,1	21,9	26,9	0,0022	0,9817	1,34

25:75 - 25% de volumoso e 75% de concentrado, 50:50 - 50% de volumoso e 50% de concentrado, 75:25 - 75% de volumoso e 25% de concentrado, ***L = efeito linear, Q = efeito quadrático (EPM = erro padrão da média) ¹Energia digestível (ED), metabolizável (EM), relação EM/ED (EM/ED), metabolizabilidade (q), produção metano (g/dia) (CH₄) e produção metano (g/MO) (CH₄/gMO)

A emissão de metano (g/dia), apresentou um comportamento quadrático sendo valores máximos encontrados para os animais que se alimentavam da dieta 50:50 volumoso:concentrado (18.2g/dia), seguidos dos animais da dieta 75:25 (15.6g/dia), e 25:75 (15.4g/dia). Já quando a produção de metano é expressa em g de CH₄ por 100 g de MO ingerida, observa-se uma redução linear desta relação com o aumento da proporção de concentrado. Por outro lado, a produção de metano é expressa em g de CH₄ por 100 g de FDN ingerida diminui linearmente com o aumento da proporção de volumoso (Tabela 4).

Embora o consumo tenha sido menor para os animais do tratamento 75:25 em relação aos demais tratamentos, valores maiores de perdas energéticas na forma metano pela energia bruta ingerida foram encontrados.

Valores de EM, ED, relação EM/ED e a metabolizabilidade (qm), aumentaram linearmente ao redor de 15% com o aumento de 25 para 75% de concentrado na dieta.

4 Discussão

A adição de concentrado na dieta provocou um aumento linear do consumo de MS e dos nutrientes o mesmo foi observado nos trabalhos de Ferreira et al. (1998); Signoretti et al. (1999a) e Tibo et al (2000), Mizubuti et al. O consumo de FDN, apresentou um efeito quadrático, aumentando até certo ponto, e logo após diminuindo, fato esse observado por Pedreira et al., 2013. Este fato ocorre em função da maior proporção de carboidratos de rápida fermentação e também do fator físico do enchimento, onde os animais com uma dieta de maior proporção de volumoso acabam consumindo menos pela maior quantidade de fibra.

A digestibilidade da MS, da MO e da PB aumentaram linearmente na medida em que se diminuía a proporção volumoso:concentrado, sugerindo que a adição de concentrado na dieta pode provocar um efeito positivo na

digestibilidade dos nutrientes, com exceção do EE, que foi constante entre as dietas. Já a menor digestibilidade da fibra observada quando a proporção de volumoso e concentrado foram semelhantes pode ter sido resultado de maior consumo de FDN, mas não o suficiente para ter ocasionado um aumento do tempo de permanência do alimento no rúmen, em função da natureza do volumoso oferecido, ocasionando uma menor extensão de degradação da FDN. Berge e Dulphy, (1985); Sauvant et al., (1994); Archimed et al., (1995); Matejousky e Sanson, (1995) relataram que o efeito do concentrado na digestão da fibra depende da proporção do concentrado, como também da qualidade do volumoso utilizado. Alguns autores como Sanson et al., (1990), observaram que a medida em que se aumentou a proporção de concentrado na dieta utilizando uma forragem de baixa qualidade a digestibilidade diminuiu; já Matejousky e Sanson (1995) demonstraram que a suplementação com concentrado em ovelhas não influenciou na digestibilidade dos nutrientes. Com isso pode-se observar que a qualidade da forragem influencia na digestibilidade dos nutrientes mesmo que a dieta contenha alto teor de grãos, no caso deste trabalho nossa forragem era de alta qualidade.

A produção de metano é um produto da fermentação ruminal que tem como função principal drenar o H^+ que é produzido no rúmen, e devido a isso é considerado uma das maiores formas de perdas de energéticas, no entanto com a manipulação da formação metano entérico é possível minimizar essas perdas. De acordo com nossos resultados, a variável CH_4 g/dia apresentou um comportamento quadrático, apresentando menores valores na relação V:C 25:75 (15,4 g/dia), maior quando os animais se alimentavam da dieta 50:50 (18,0 g/dia), e para a dieta 75:25 valores de 15,6 g/dia. Berchielli et al, (2013) relata que quando a produção de metano é avaliada no que diz respeito a quantidade de ingestão de nutrientes, os dados mostram que a porcentagem de EB ingerida convertida em metano cai quando a quantidade de volumoso oferecido é reduzido de 100 para 40% de MS, o que indica uma maior eficiência energética de dietas com maior quantidade de concentrado.

Esses autores sugeriram que a adição de concentrado, em baixas quantidades, propiciou condições favoráveis aos microrganismos, disponibilizando energia para degradação da fração fibrosa no rúmen, no

entanto, a partir da adição de 60% de concentrado na dieta, o ambiente ruminal tornou-se prejudicial aos microrganismos responsáveis pela metanogênese. Primavesi et al, (2004) também relataram que a substituição de volumoso por concentrado energético resultou em emissão máxima de metano quando o concentrado participou em 40% da matéria seca da dieta, o que também foi observado neste estudo quando o volumoso participou em 50% na dieta e o consumo de FDN também foi maior.

As variáveis ED, EM, EM/ED e qm tiveram um comportamento linear sendo os melhores valores para os animais que se alimentaram da dieta 25:75. Islam et al., (2000) em estudos com caprinos também observaram melhores resultados para ED e EM quando os animais foram submetidos a dietas de alto grão, com isso os autores afirmam que a adição de alto grão na dieta aumenta a eficiência de utilização da energia.

Nesse estudo o CEB foi maior para os animais que se alimentaram da dieta 25:75 (16,9 MJ/ kg^{0,75}), enquanto que as perdas na forma de metano foram menores para os animais que tiveram uma maior ingestão de EB, chegando a 5% para a dieta 25:75, 6% para a dieta 50:50 e 7% para a dieta 75:25. Assim, em termos de eficiência, a porcentagem de energia ingerida perdida na forma de metano reduz gradualmente com o aumento no consumo de energia metabolizável (CHIZZOTTI et al., 2012). As perdas de N pelas fezes foram maiores para a dieta com relação V:C de 50:50, isso pode ser explicado pela qualidade da dieta oferecida, já que o feno de milho já apresenta valores relativamente altos de PB quando comparado a outra forragem, sendo assim uma proporção de volumoso de boa qualidade juntamente com o concentrado pode ter ocasionado um desbalanço entre proteína e energia e o animal ter excretado mais N pelas fezes.

5 Conclusão

O aumento da proporção do concentrado na dieta reduziu a emissão de metano e proporcionou um melhor aproveitamento energético da mesma pelos animais.

6 Referências bibliográficas

ARCHIMEDE, H., SAUVANT, D., HERVIEW, J., PONCET, C., DORLEANS, M.. Digestive interactions in the ruminant: relationships between whole tract and stomach evaluation. **Animal Feed Science and Technology** 54, 327±340, 1995

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, **Official Methods of Analysis of the Association of the Analytical Chemists**, 15 th ed, Whashington,1990,

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, **Official Methods of Analysis of the Association of the Analytical Chemists**,16 th ed, Whashington, 1995

BEAUCHEMIN, K, A.; KREUZER, M.; O'MARA, F.; MCALLISTER, A,T, Nutritional management for enteric methane abatement: a review, **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v, 48, n, 2, p, 21–27, 2008

BERCHIELLI, T.T.; FIORENTINI, G.; CARVALHO, I.P.C.; BERNDT, A.; FRIGHETTO, R.T.S.; CANESIN, R.C.; LAGE, J.F. (2011) Effects of lipid sources in steers performance and methane emission finished in **feedlot**. **Advances in Animal Biosciences**, Volume 2, Issue 02, September 2011, pp 405-570.

BERCHIELLI, T. T.; PEDREIRA, M. S.; OLIVEIRA, S. G.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M. A.; FRIGHETTO, R.T.S. Determinação da produção de metano e pH ruminal em bovinos de corte alimentados com diferentes relações volumoso:concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, Santa Maria - RS. **Anais**. Santa Maria:Universidade Federal de Santa Maria; SBZ, 2003.

BERGE, P., DULPHY, J.P., Etude des interactions entre fourrages et aliment concentré chez le mouton I. Facteurs de variation du taux de substitution. (Study of the interactions between forages and concentrate in sheep. Variation factors of the substitution rate). **Ann. Zootech.** 34, 313±334, 1985.

BONHOMME, A.,Rumen ciliates: their metabolism and relationship with bacteria and their host. **Animal Feed Science and Technology**. Tech.30, 203±266. 1990

BROUWER, E, Publs **Eur, Ass, Anim, Prod**, no, 11, 1965.

CHIZZOTTI, M.L.; FONSECA, M.A.; LADEIRA, M.M.; et al. Eficiência energética e consumo alimentar residual de bovinos. In: LANA, R.P.; ABREU, D.C. (Eds.). **A sustentabilidade da pecuária bovina brasileira**. 2012.

FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. et al. Consumo, conversão alimentar, ganho de peso e características da carcaça de bovinos F1 Simental x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.343- 351, 1998.

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

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 1 ed. Santa Maria: UFSM. 2002, 140p

LASSEY, K, R.; WALKER, C, F.; MCMILLAN, A, M, S.; ULYATT, M, J, On the performance of SF6 permeation tubes in determining methane emission from grazing livestock, **Chemosphere – global change science**, Oxford, v, 3, n, 4, p, 367-376, 2001.

LOVETT, D., S, LOVELL, L, STACK, J, CALLAN, M, FINLAY, J, CONOLLY, AND F, P, O'MARA, 2003, Effect of forage/concentrate ratio and dietary coconut oil level on methane output and performance of finishing beef heifers, **Livest, Prod, Sci**, 84:135–146.

MATEJOUSKY, K.M., SANSON, D.W. Intake and digestion of low-, medium-, and high- quality grass hays by lambs receiving increasing levels of corn supplementation. **J. Anim. Sci.** 73, 2156±2163, 1995.

POPOVA M, MORGAVI DP AND MARTIN C. Methanogens and methanogenesis in the rumen and cecum of lambs fed two different high-concentrate diets. **Applied and Environmental Microbiology**. 2012.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R, T, S.; PEDREIRA, M, S.; LIMA, M, A.; BERCHIELLI, T, T.; MEMARCHI, 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, (Documento 39) São Carlos: **Embrapa Pecuária Sudeste**, 2004,77p,

SAUVANT, D., CHAPOUTOT, P., ARCHIMEÁDE, H., La digestion des amidons par les ruminants et ses conséquences (Starch digestion in ruminants and its consequences). **Prod. Anim.** 7, 115±124. 1994.

SANSON, D.W., CLANTON, D.C., RUSH, T.G. Intake and digestion of low-quality meadow hay by steers and Performance of cows on native range when fed protein supplements containing various levels of corn. **J. Anim. Sci.** 68, 595±603, 1990.

SAS INSTITUTE, **SAS/STAT user's guide**: version 9,2, Cary, 1999, 1028p.

SIGNORETTI, R.D.; COELHO DA SILVA, J.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo e digestibilidade em bezerros da raça holandesa alimentados com

dietas contendo diferentes níveis de volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.169-177, 1999a.

TIBO, G.C.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al., Níveis de concentrado em dietas de novilhos mestiços F1 Simental x Nelore. 1. Consumo e Digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.910-920, 2000.

THEODOROU, M. K., et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetic of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 48, n. 2, p. 185-197, 1994

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A., Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science** V. 74 p. 3583-3597.