UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

GABRIELA BENETEL

**Efeitos da inclusão de monensina sódica em suplementos proteicos
sobre o desempenho, fermentação ruminal, degradabilidade do feno de
Brachiaria decumbens e produção de metano em bovinos**

Pirassununga/SP

2014

GABRIELA BENETEL

**Efeitos da inclusão de monensina sódica em suplementos proteicos
sobre o desempenho, fermentação ruminal, degradabilidade do feno de
Brachiaria decumbens e produção de metano em bovinos**

Versão Corrigida

A versão original encontra-se disponível na FZEA/USP

Dissertação apresentada a Faculdade de
Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de
Mestre em Zootecnia.

Departamento:

Zootecnia

Área de Concentração:

Qualidade e Produtividade Animal

Orientador:

Prof. Dr. Marcus Antonio Zanetti

Pirassununga/SP

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
da Universidade de São Paulo

B465e Benetel, Gabriela
Efeitos da inclusão de monensina sódica em
suplementos proteicos sobre o desempenho, fermentação
ruminal, degradabilidade do feno de *Brachiaria decumbens*
e produção de metano em bovinos / Gabriela Benetel. --
Pirassununga, 2014.
103f.
Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.
Departamento de Zootecnia.
Área de Concentração: Qualidade e Produtividade
Animal.
Orientador: Prof. Dr. Marcus Antonio Zanetti.

1. Ácidos graxos de cadeia curta 2. Ganho de peso
3. Ionóforos 4. Nitrogênio amoniacal. I. Título.

Ao meu irmão Júnior, ao meu pai Vanderlei e especialmente a minha mãe Maria Ondina, dedico este trabalho com todo o meu amor respeito e gratidão. Espero que esta etapa, que agora termino, possa, de alguma forma, retribuir e compensar todo o carinho, apoio e dedicação que constantemente me oferecem.

DEDICO

Aos meu avô Luiz, a minha avó Odila (eterna saudades) e a minha tia Nilza, pelo alicerce que se torna mais forte perante as dificuldades, pelas orações voltadas a mim, por todo o amor e pelos domingos onde reuníamos a família.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ainda que a responsabilidade seja minha, todos sabem que um trabalho como este não se faz sozinha. Uma vez que sou a redatora desta tese e grande parte do que está aqui escrito seja fruto das minhas ações e reflexões, há pessoas que colaboraram com a sua elaboração, de tal forma que seria injusto não cita-las.

Primeiramente agradeço a Deus pela minha saúde e das pessoas que eu amo. Sem minha crença e fé não seria a pessoa que sou.

A Nossa Senhora Aparecida por me proteger, abençoar, dar força e sempre iluminar meu caminho e minha mente nos momentos de alegria e dificuldade.

A minha mãe que nunca mediu esforços, sacrifícios e dedicação para me dar a melhor educação possível, seja na escola ou em casa. Tenho certeza que essa é a maior e melhor herança para um filho.

Ao meu pai, os meus sinceros agradecimentos por nunca perder a força e a coragem diante dos desafios da vida.

Ao meu irmão que tanto amo, embora nem sempre demonstre.

Aos meus familiares, vó Dila (*in memorian*), vô Luiz, tia Nilza, tia Ana, tio Zé, Cal e Jú, que torceram em cada uma das minhas decisões e também que se preocupavam comigo. Saúde, paz e sucesso à todos.

Aos meus velhos amigos que, apesar da distância ou correria da vida, sempre estiveram perto: Ana, Ana Carolina, Aurea, Diná, Elizabete (Irmã Bete), Gi, Lucas e Roberta (Trakinas). Obrigado pelo que foram, são e sempre serão pra mim.

A minha amiga desde a graduação Ana Laís, pelo companheirismo, pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho e pelos momentos de descontração. São momentos inesquecíveis, que se tornaram especiais pela companhia e um ombro amigo.

A todas as integrantes da república Ruffles que propiciaram durante esses três anos de muita diversão.

Aos colegas de curso de pós-graduação em especial ao Diego (Lobão). Obrigado pela amizade, risadas, pela cumplicidade e pelo novo amigo que ganhei.

Aos estagiários e/ou bolsistas de iniciação científica, Ana, Bárbara (Pomarola), Joana Angélica (Angu), Thiago (Rufus), Priscila, Maísa (Minhoca), Vanessa (Guti), pela amizade e toda ajuda prestada na coleta de dados e/ou análises.

Aos Profs. Raul, Júlio e Catarina pela ajuda em análises e/ou interpretação de resultados.

Aos Profs. Ives e Cesinha pela paciência, atenção, por possibilitar a transposição de obstáculos encontrados e engrandecer nosso trabalho com conselhos e modificações pertinentes.

Aos meus orientadores de PAE, Prof. Ives, Prof^a. Lia e Prof. Ricardo. Agradeço pela oportunidade do estágio, pela confiança, por toda a ajuda, conversas e ensinamentos.

Agradecimento especial ao Prof. Dr. Marcus Antonio Zanetti, por me dar a honra de ser sua orientada e que durante este período procurou sempre o melhor para desenvolvimento deste trabalho. Agradeço por esta valiosa orientação, confiança, ensino, respeito, exemplo de profissional, por compreender minhas falhas, pelos “puxões de orelha” e por estar sempre disposto a ajudar. E principalmente, por me dar esta oportunidade. Serei eternamente grata!

Aos demais professores da FZEA pelos conhecimentos transmitidos e por toda ajuda quando necessário.

Aos membros da Banca examinadora, por aceitarem participar desta avaliação.

Ao Fundo de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio e bolsa concedidos, permitindo me dedicar exclusivamente aos estudos.

A empresa Bellman e Vallée pelo fornecimento dos suplementos e monensina, respectivamente.

Enfim, à todos que não foram citados, mas contribuíram de maneira direta ou indireta para a realização deste trabalho.

“Eu sei muito pouco. Mas tenho a meu favor tudo o que não sei – e por ser um campo virgem – está livre de preconceitos. Tudo o que não sei é minha parte melhor: é a minha largueza. É com ela que eu compreenderia tudo. Tudo o que não sei é o que constituiu a minha verdade”.

Clarice Lispector

RESUMO

BENETEL, G. Efeitos da inclusão de monensina sódica em suplementos proteicos sobre desempenho, fermentação ruminal, degradabilidade do feno de *Brachiaria decumbens* e produção de metano em bovinos. 2014, 103p. Tese (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2014.

Os objetivos destes trabalhos foram avaliar a inclusão de altos níveis de monensina em suplementos proteico de baixo consumo para bovinos sobre (i) desempenho; (ii) fermentação e degradabilidade ruminal e (iii) produção de metano. Para tanto, foram realizados três experimentos distintos. Os experimentos realizados são apresentados na forma de capítulos. Nos Capítulos I e II são apresentados a introdução e a revisão de literatura. No Capítulo III (desempenho), foram utilizados 64 novilhos, distribuídos aleatoriamente em quatro tratamentos: 0, 400, 800 e 1200 mg de monensina sódica/ kg de suplemento proteico. Os animais permaneceram em quatro piquetes de *Brachiaria decumbens* onde eram submetidos a rodízios semanais. Amostras de pasto foram colhidas para determinação das variáveis qualitativas e quantitativas da forragem. Foram estimados o consumo médio de suplemento, consumo individual de suplemento e ganho de peso médio diário. A inclusão de monensina nos níveis estudados diminuiu o consumo de suplemento e piorou o desempenho animal. No Capítulo IV (fermentação e degradabilidade ruminal), foram utilizados quatro bovinos da raça nelore, canulados no rúmen, em experimento com delineamento quadrado latino 4x4 por 84 dias. Os animais foram arraçoados com dieta composta de feno de *Brachiaria decumbens* (à vontade), 500 g/cabeça/dia de suplemento proteinado de baixo consumo e monensina sódica conforme os tratamentos: 0, 200, 400 e 600 mg/dia. Os parâmetros ruminais avaliados foram: produções de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC); concentração de nitrogênio amoniacal; pH; consumo de matéria seca; degradabilidade *in situ* da MS e FDA do feno de *B. decumbens*. Os valores encontrados para a fermentação ruminal (pH, N-NH₃ e AGCC) e degradabilidade *in situ* da MS não foram afetados pelos tratamentos. O aumento dos níveis de monensina diminuíram linearmente o consumo de matéria seca e a degradabilidade potencial da fibra. No Capítulo V (produção de metano), quatro níveis de monensina foram testados em ensaio *in vitro* de produção de gases com o objetivo de avaliar a cinética fermentativa, produção de AGCC,

degradabilidade da matéria seca, e produção do gás metano. Para tanto, feno de *Brachiaria decumbens* e suplemento proteico de baixo consumo foram utilizados como substrato. Foi simulado um consumo médio de suplemento de 500g/animal/dia acrescido dos níveis de monensina: 0, 200, 400 e 600 mg. Foram coletados amostras dos gases para mensuração da produção de metano em 24 hrs de incubação. A degradabilidade da matéria seca e a produção de ácidos graxos de cadeia curta foram determinados às 24 e 96 horas de incubação. A produção potencial de gases diminuiu conforme a inclusão monensina. O tempo de colonização das amostras aumentou com a inclusão de monensina. Não foram observadas diferenças na degradabilidade da matéria seca e na produção de metano e AGCC entre os tratamentos.

Palavras-chave: ácidos graxos de cadeia curta, ganho de peso, ionóforos, nitrogênio amoniacal.

ABSTRACT

BENETEL, G. 2013, **Effects of monensin on protein supplements on performance, ruminal fermentation, degradability a *Brachiaria decumbens* and methane production in cattle**. 103p. Thesis – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2014.

The aim of this research was to evaluate the inclusion of high monensin levels on protein supplements for cattle on (i) performance, (ii) fermentation and ruminal degradability and (iii) production of methane. To this end, three different experiments were performed. The experiments are presented in the chapters form. The introduction and literature review are presented in Chapter I and II. In Chapter III (performance): 64 cattle were randomly assigned to four treatments: control, containing protein supplement and control plus three monensin levels (400, 800 or 1200 mg/kg of supplement). The animals remained in four paddocks of *Brachiaria decumbens* where they were undergo weekly casters. Pasture samples were collected to determination of qualitative and quantitative variables. The average supplement intake, individual supplement intake and daily weight gain were estimated. The increased monensin levels decreased the supplement consumption and the animal performance. In Chapter IV (fermentation and ruminal degradability), four male cattle with rumen cannula were utilized in a Latin Square assay design 4x4, during 84 days. The animals were fed with *Brachiaria decumbens*, protein supplement of low consumption (500g/animal /day) and monensina. The treatments were 0, 200, 400 and 600 mg of monensin/day. The ruminal parameters evaluated were: production of short chain fatty acids (SCFA), ammonia concentration, pH, dry matter intake, in situ degradability of DM and ADF. The values found for ruminal fermentation and degradability of DM were not affected by treatments. Increased levels of monensin decreases linearly dry matter intake and the ADF degradability. In Chapter V (production of methane), four monensin levels were tested in vitro gas production. The objectives were to evaluate the fermentation kinetics, short chain fatty acids production, dry matter degradation and methane production. For this purpose, *B. decumbens* hay and protein supplement low consumption were used as substrate. An average supplement intake 500g/animal/day with levels of monensin (0, 200, 400 and 600 mg) was simulated. Gas samples were collected for measurement of methane production in 24hrs of incubation. The dry matter degradability and production

of short chain fatty acids were determined after 24 and 96 hours of incubation. The potential gas production decreased as increased of monensin. The colonization time of the samples increased with monensin. No differences were observed in the degradability of dry matter and in the methane and SCFA production between treatments.

Keywords: ammonia nitrogen, ionophores, short-chain fatty acids, weight gain.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Médias mensais de temperatura (°C) e precipitação acumulada (mm) para o período experimental (ano de 2010).....	36
Figura 2	Animais do experimento próximos ao cocho.....	37
Figura 3	Animais após a pesagem individual.....	38
Figura 4	Forragem separada para estimativa da composição morfológica.....	40
Figura 5	Matéria seca disponível para os animais expresso em kg de matéria seca.hectare ⁻¹ e altura expresso em centímetros da pastagem em área de <i>Brachiaria decumbens</i> durante o período experimental.....	42
Figura 6	Composição Morfológica da <i>Brachiaria decumbens</i> durante o período experimental.....	43
Figura 7	Animais canulados no galpão experimental.....	60
Figura 8	Preparação dos frascos de vidro (garrafas) para produção de gás <i>in vitro</i> . I) Garrafa com substrato. II) Garrafa com substrato + solução tampão + inoculo. III) Garrafa vedada e agitada com substrato + solução tampão + inoculo.....	90
Figura 9	Garrafas após leitura de pressão.....	91
Figura 10	Perfis da cinética de fermentação <i>in vitro</i> do feno de <i>Brachiaria decumbens</i> com suplemento proteico e níveis de monensina.....	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) das amostras de forragem e de pastejo simulado de acordo com os dias de experimento.....	44
Tabela 2	Ganho de peso diário (GPD), consumo de suplemento (CS) e consumo de monensina (CM) conforme os tratamentos.....	47
Tabela 3	Consumo médio de suplemento proteinado por animal/dia estimado pela técnica do sulfato de lítio.....	50
Tabela 4	Média (% da MS) da composição químico bromatológica do feno de <i>Brachiaria decumbens</i> , em teor de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), material mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT).....	61
Tabela 5	Consumo de matéria seca do feno de <i>Brachiaria decumbens</i> em bovinos recebendo suplemento proteico com níveis de monensina.....	65
Tabela 6	pH do fluído ruminal de bovinos recebendo feno de <i>Brachiaria decumbens</i> e suplemento proteinado com níveis de monensina.....	67
Tabela 7	Concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) do fluído ruminal de bovinos recebendo feno de <i>Brachiaria decumbens</i> e suplemento proteinado com níveis de monensina.....	68
Tabela 8	Concentrações total e proporção molar de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no fluído ruminal no dois tempos de amostragens (zero e três horas após alimentação) em bovinos recebendo dietas de feno de <i>Brachiaria decumbens</i> e suplemento proteico com diferentes níveis de monensina.....	70
Tabela 9	Médias dos parâmetros do modelo de Ørskov & McDonald (1979) para a degradação <i>in situ</i> da matéria seca (MS) do feno de <i>Brachiaria decumbens</i> , incubado em bovinos alimentados pelo mesmo tipo de feno e sal proteinado contendo níveis de monensina.....	73
Tabela 10	Médias dos parâmetros do modelo de Ørskov & McDonald (1979) para a degradação <i>in situ</i> da fibra em detergente ácido (FDA) do feno de <i>Brachiaria decumbens</i> , incubado em bovinos alimentados pelo mesmo tipo de feno e sal proteinado contendo níveis de monensina.....	73

Tabela 11	Média (% da MS) da composição químico bromatológica do feno de <i>Brachiaria decumbens</i> , em teor de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), material mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT).....	88
Tabela 12	Parâmetros do modelo de France et al. (1993) e produções relativas de gases conforme cada tratamento.....	93
Tabela 13	Fator de partição (FP) estimado nos tempos 24 e 96hr de incubação.....	95
Tabela 14	Degradabilidade da matéria seca estimado nos tempos 24 e 96hr de incubação.....	96
Tabela 15	Concentrações total e proporção molar de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no fluído ruminal no dois tempos de amostragens (24 e 96 hr) de feno de <i>Brachiaria decumbens</i> e suplemento proteico com diferentes níveis de monensina, obtidos pela técnica <i>in vitro</i> de produção de gases.....	97
Tabela 16	Produção de gás metano (ml/ g MSD) durante 24 horas de incubação <i>in vitro</i>	98

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGCC – ácidos graxo de cadeia curta

C₂ – acético

C₂:C₃ – relação acético:propiónico

C₃ – propiónico

C₄ – butirato

C₅ – valérico

CH₄ – metano

CLi – concentração de lítio no plasma sanguíneo

cm – centímetros

cm² – centímetro quadrado

CM – consumo de monensina

CMS – consumo de matéria seca

CS – consumo de suplemento

CO₂ – dióxido de carbono

CH₄ – metano

CS – consumo de suplemento

DMS – degradabilidade da matéria seca

DP – degradabilidade potencial

EA –eficiência alimentar

EE – extrato etéreo

FDA – fibra em detergente ácido

FDAi – fibra em detergente ácido indigestível

FDN - fibra em detergente neutro

FP – fator de partição

g – gramas

GEE – gases do efeito estufa

GPD – ganho de peso diário

ha – hectare

Kg – quilograma

hrs – horas

IC₄ – isobutírico

IC₅ – isovalérico

ppm- parte por milhão

Li – lítio

m² – metro quadrado

mL – mililitro

mm – milímetro

MM – matéria mineral

MS – matéria seca

MST – matéria seca total

MVS – matéria verde seca

NDT – nitrogênio digestível total

N₂O – óxido nitroso

N-NH₃ – nitrogênio amoniacal

PB – proteína bruta

PV – peso vivo

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	18
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	18
CAPÍTULO II	20
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 O CAPIM <i>Brachiaria decumbens</i>	20
2.1.1 Origem e Características	20
2.1.2 Produtividade e Valor Nutritivo.....	21
2.2 SUPLEMENTAÇÃO PROTEICA.....	23
2.3 IONÓFOROS	24
REFERÊNCIAS	27
CAPÍTULO III.....	32
3 DESEMPENHO DE BOVINOS NELORE EM PASTAGEM DE <i>Brachiaria decumbens</i> RECEBENDO NÍVEIS CRESCENTES DE MONENSINA SÓDICA EM SUPLEMENTO PROTEICO DE BAIXO CONSUMO NA ÉPOCA DAS SECAS	32
RESUMO.....	32
3.1 INTRODUÇÃO.....	34
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.2.1 Local, Período e Condições Meteorológicas.....	35
3.2.2 Animais e Instalações.....	36
3.2.3 Tratamentos Experimentais.....	37
3.2.4 Determinação do Ganho de Peso	38
3.2.5 Determinação do Consumo de Suplemento pelo Grupo	38
3.2.6 Determinação do Consumo Individual de Suplemento.....	39
3.2.7 Avaliação da Forragem	40
3.2.8 Análise Estatística	41
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
3.3.1 Variáveis Quantitativas da Forragem.....	41
3.3.2 Variáveis Qualitativas da Forragem.....	44
3.3.3 Avaliação do Consumo e Ganho de Peso	46
3.3.4 Estimativa do Consumo Individual	50
3.4 CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS	52
CAPÍTULO IV	57
4 EFEITO DA ADIÇÃO DE NÍVEIS CRESCENTES DE MONENSINA SÓDICA EM SUPLEMENTO PROTEICO PARA BOVINOS ALIMENTADOS COM FORRAGEM DE BAIXA QUALIDADE SOBRE A FERMENTAÇÃO E DEGRADABILIDADE RUMINAL	57
RESUMO.....	57
4.1 INTRODUÇÃO.....	59
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	60
4.2.1 Local do Experimento	60
4.2.2 Animais e Instalações.....	60
4.2.3 Tratamentos	61
4.2.4 Coleta de Dados e Análises.....	62
4.2.4.1 Parâmetros de Fermentação Ruminal.....	62
4.2.4.2 Degradabilidade Ruminal.....	63
4.2.5 Análise Estatística	65
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
4.3.1 Consumo de Matéria Seca.....	65
4.3.2 Parâmetros de Fermentação Ruminal.....	67
4.3.2.1 pH.....	67
4.3.2.2 Nitrogênio amoniacal (N-NH ₃)	68

4.3.2.3 Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC)	69
4.3.3 Parâmetros de Degradabilidade in situ.....	72
4.4 CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS	76
CAPÍTULO V.....	84
5 NÍVEIS DE MONENSINA SÓDICA EM SUPLEMENTO PROTEICO SOBRE	
PRODUÇÃO DE METANO, ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA E	
DEGRADABILIDADE <i>IN VITRO</i> DA MATÉRIA SECA.	84
RESUMO.....	84
5.1 INTRODUÇÃO.....	86
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	87
5.2.1 Local do Experimento	87
5.2.2 Tratamentos e Processamento das Amostras	87
5.2.3 Bioensaio in vitro e Frascos de Fermentação.....	88
5.2.4 Preparo do Inóculo e Inoculação.....	89
5.2.5 Medição de Gases	90
5.2.6 Coleta e Determinação do Gás Metano (CH ₄)	91
5.2.7 Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC)	91
5.2.8 Degradabilidade da Matéria Seca (DMS)	92
5.2.9 Análise Estatística	93
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	93
5.4 CONCLUSÕES	99
REFERÊNCIAS	100

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o 2º maior produtor e o 1º exportador de carne bovina do mundo. De seus 854 milhões de hectares, aproximadamente 33% são ocupados por atividades agropecuárias. São 172 milhões de hectares formados de pastagens (20% das terras agricultáveis). Desses, 100 milhões de hectares são pastagens cultivadas (58%), e 72 milhões ocupados por pastagens nativas, principalmente nas regiões de cerrado. O país possui cerca de 202,2 milhões de cabeças (IBGE, 2008).

Em termos globais, o custo de produção da carne bovina brasileira é o mais baixo, tendo o pasto como o principal responsável, pois este constitui a base da alimentação do rebanho. Zimmer e Euclides Filho (1997) citaram que as pastagens respondem por, aproximadamente, 95% do ganho total anual de peso dos animais abatidos.

Segundo Delgado (2005) a demanda mundial por carne crescerá em 81 milhões de toneladas até o ano de 2020, sendo que deste aumento, 27% se dará por carne de ruminantes.

Porém, o exigente mercado externo e a crescente demanda interna por carne bovina de qualidade, proveniente de animais criados nos padrões de bem estar já estabelecidos, com idade, peso ao abate e características de carcaça e de carne desejadas, obriga o Brasil a tomar decisões importantes referentes à cadeia de produção de carne como um todo, de modo que aumente a produção de alimentos, sem, no entanto, crescer os custos ambientais decorrentes.

Atualmente, as principais metas da bovinocultura são aumentar a capacidade de conversão de nutrientes de origem vegetal em proteína animal para consumo humano, reduzir os custos na produção e diminuir a produção de resíduos para o ambiente (MANELLA, 2004).

Mudanças climáticas no mundo resultantes do aumento das concentrações de gases na atmosfera tem levado à alteração no balanço de entrada e saída de radiação solar do planeta, provocando aquecimento da superfície terrestre (COTTON; PIELKE,

1995). Nos últimos 200 anos, a média de temperatura terrestre subiu cerca de 6°C (STEINFELD et al., 2006). Dentre os vários gases causadores do efeito estufa, a agricultura e a pecuária contribuem de forma significativa com a emissão de três deles: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O).

Segundo Bergen e Bates (1984), constitui-se uma antiga busca dos nutricionistas de ruminantes melhorar a eficiência da fermentação ruminal, seja através do aumento da produção de ácido propiônico, da diminuição da metanogênese ou da diminuição da proteólise e deaminação de proteínas no rúmen. Durante muito tempo estes objetivos foram perseguidos através da manipulação da dieta, porém nas últimas décadas um grande número de compostos químicos tem sido testado para os mesmos fins.

Os ionóforos são uma classe desses compostos amplamente estudada como aditivos alimentares. Os benefícios econômicos advindos da suplementação com ionóforos, como por exemplo, a monensina, incluem maior eficiência alimentar, aumento de ganho de peso e redução na morbidade e mortalidade, ajudam também a reduzir a quantidade de excretas e gases emitidos pelos animais (MCGUEFEY et al, 2001).

Assim, considerando a vasta extensão territorial do Brasil, seu sistema extensivo de produção de bovinos de corte e as novas exigências dos mercados consumidores é interessante explorar as alternativas que permitem maior produtividade dos animais e que se encaixem nas novas tendências do mercado.

Desta forma, objetivou-se com essa pesquisa, avaliar os efeitos da adição de níveis crescentes e altos de monensina sódica em suplemento proteico sobre desempenho, parâmetros de fermentação ruminal (pH, AGCC e N-NH₃), degradabilidade do feno de *B. decumbens* e produção de metano por bovinos.

CAPÍTULO II

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O CAPIM *Brachiaria decumbens*

2.1.1 Origem e Características

A *Brachiaria decumbens* pertence à família das Gramineae, Gênero *Brachiaria* espécie *B. decumbens* Stapf. É originária do leste tropical da África, sendo encontrada em altitudes entre 500 e 2300 m, sob um clima moderadamente úmido com precipitação anual de 870 a 1900 mm e com estação seca não superior a 5 meses (SEIFFERT, 1984).

Segundo Serrão e Simão Neto (1971), a primeira introdução da *B. decumbens* no Brasil ocorreu em 1952 no IPEAN (Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária Norte), onde foi reproduzida, ficando conhecida como *B. decumbens* var. IPEAN. Em 1972 ocorreu a introdução da var. Basilisk (DRIEMEIR et al., 1999), pela importação de sementes da espécie que foram levadas para a Austrália, em uma região conhecida como Basilisk, onde a planta foi estudada e seu potencial forrageiro reconhecido em programas de melhoramento.

A grande vantagem da var. Basilisk sobre a var. IPEAN é sua propagação mais fácil através de sementes, uma vez que a principal forma de propagação da var. IPEAN era por meio de mudas (HUTTON, 1975; NAZÁRIO et al., 1977). Outra característica importante do cultivar Basilisk é sua alta competitividade, com habilidade para suprimir a competição causada por plantas invasoras, alta resistência ao pisoteio e pode resultar em bom desempenho animal. Todas essas características explicam sua rápida expansão nos trópicos (PEREIRA et al., 2001; DO VALLE et al., 2008; MACHADO et al., 2010).

As áreas de pastagens cultivadas com espécies do gênero *Brachiaria* no Brasil são expressivas. Estima-se em 102 milhões de hectares a área ocupada com espécies desse gênero (DO VALLE et al., 2008). Segundo Hodgson e Silva (2001), as *B. brizantha*, *B. ruziziensis*, *B. decumbens* e *B. humidicola* são responsáveis por aproximadamente 80% de toda a área de pastagens cultivadas no Brasil.

A *B. decumbens* é vigorosa e perene, as espiguetas apresentam-se ligeiramente pilosas no ápice, com 5 mm de comprimento. Adapta-se bem em regiões tropicais úmidas na faixa de latitude de 27° N e S e altitude desde o nível do mar até 1.750 m. A temperatura ótima para seu crescimento é de 30 a 35°C. Floresce nos dias longos do ano. Pouco tolerante ao frio, cresce bem em diversos tipos de solo, porém requer boa drenagem, vegetando bem em terrenos arenosos e argilosos. De modo geral, é agressiva e apresenta rápido estabelecimento. Adaptam-se a solos ácidos com alta saturação de alumínio e média a baixa fertilidade, apesar de responderem bem à adubação. Apresentam certa tolerância à sombra e potencial para controle de erosão. O seu hábito de crescimento decumbente confere-lhe boa cobertura do solo e elevada resistência ao pastejo e pisoteio (NASCIMENTO E RENVOIZE, 2001). Além disso, apresentam alta aceitabilidade para os bovinos (ALCÂNTRA et. al., 1980).

2.1.2 Produtividade e Valor Nutritivo

Um dos indicadores mais variáveis no comportamento dos pastos é a produção de matéria seca, devido a essa característica ser afetada pelas condições de manejo a que são submetidas as plantas: utilização ou não de irrigação, níveis de adubação, intensidade de uso, corte ou pastejo, época do ano, idade do pasto, entre outros (OLIVEIRA et al, 2006). É por esse motivo que existe na literatura uma grande variação na produtividade de matéria seca por hectare de *B. decumbens*.

Segundo Goedert et al. (1988), a *B. decumbens* pode alcançar uma produtividade anual entre 5 a 12 t/ha de matéria seca. Em estudo desenvolvido em Felixlândia, MG, Santos et al. (2004a), observaram disponibilidade de forragem durante o período seco (julho a setembro) de 8.418 kg/ha. Analisando a produção de matéria seca em piquetes de *B. decumbens*, em experimento realizado no município de Capinópolis, MG, Moraes et al. (2005), encontraram produção média de 5.560 kg de MS/ha durante o período de agosto a setembro. No entanto, Soares Filho et al. (1992) avaliando as produções acumuladas de matéria seca da parte aérea do capim *B. decumbens* com e sem adubação, encontraram valores de 13,08 e 8,31 t de matéria seca por hectare por ano, respectivamente.

A composição química pode ser utilizada como parâmetro de qualidade das espécies forrageiras; contudo, deve-se ter em mente que tal composição é dependente de

aspectos de natureza genética e ambiental (REIS, 2000). Segundo Bona Filho & Canto (2007), o conhecimento dos fatores que afetam a qualidade e o valor nutritivo das forragens permite estabelecer um sistema de manejo das pastagens de forma a buscar a manutenção da qualidade das mesmas ao longo do ano, a fim de permitir uma resposta animal com alta produção.

As maiores mudanças que ocorrem na composição química das forrageiras são as que acompanham a sua maturidade. A medida que a planta amadurece, a concentração dos componentes potencialmente digestíveis, como carboidratos solúveis, proteínas e minerais, tende a decrescer, e a fibra aumentar, sendo esperados conseqüentemente, declínios na digestibilidade e no consumo (EUCLIDES, 1994; CORSI, 1990).

Gomes Júnior et al (2001a) avaliaram a composição químico-bromatológica da *B. decumbens* sob pastejo, e observaram que mudança da estação chuvosa para a seca implicou em maturação da forragem, com redução dos carboidratos solúveis, aumento da fração não-degradável da parede celular e aumento dos teores de proteína ligados à fibra, diminuindo conseqüentemente a digestibilidade da planta.

Hunker (1965) observou em *B. decumbens*, queda do conteúdo de proteína bruta com o aumento da idade, com valores máximos de 9,8% de PB nas folhas com 14 dias do rebrote e mínimo de 3,2% com 112 dias. Garcia et al. (2004) observaram um teor médio de proteína bruta em torno de 3,5 e 5,3% entre os meses de julho a novembro em pastagens diferidas de *B. decumbens*.

Santos et al. (2009) estudando o valor nutritivo da forragem em pastos de *B. decumbens* diferidos e adubados com nitrogênio observaram que os teores de PB variaram de 2,86 a 5,97%, para 73 e 112 dias de diferimento. O percentual de fibra em detergente neutro se elevou com o aumento da idade da planta com valores entre 70,99 a 80,81%.

Coser et al. (1996), observaram uma média da digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica da *B. decumbens* variando de 59,8% durante o inverno e 66,0% durante o verão. Butterworth (1963) apresentou valores de 62,5 e 61,0% de digestibilidade *in vitro* da matéria seca e 46,9 e 33,5% de digestibilidade da proteína bruta no começo da floração e durante a floração plena da *B. decumbens*.

O desempenho dos ruminantes em pastagens depende significativamente do potencial genético do animal, da disponibilidade e qualidade da forragem, e do consumo da mesma por parte do animal. Quando o potencial genético do animal e a

disponibilidade de forragem não são limitantes, a produção animal é diretamente relacionada com o consumo voluntário da forragem e com a concentração de nutrientes na mesma. Daí a importância do valor nutritivo das pastagens como ponto fundamental para o desempenho animal à pasto (BONA FILHO & CANTO, 2007).

2.2 SUPLEMENTAÇÃO PROTEICA

Quando a planta forrageira é a única fonte de proteína e energia para o desenvolvimento de bovinos, a taxa de crescimento destes pode ser menor do que a produção esperada (MOORE, 1999).

Isso ocorre porque as pastagens, geralmente, não contêm todos os nutrientes essenciais nas proporções adequadas para atender às exigências dos animais. Portanto, o suplemento deve ser considerado como complemento da dieta, para suprir os nutrientes deficientes na forragem disponível (REIS et al., 1997).

Além disso, no Brasil existe estacionalidade na produção de forragens, com grande disponibilidade no período das águas e deficiência na seca. Como consequência, as variações sazonais nas características das pastagens exercem forte impacto na pecuária de corte brasileira, porque os animais são alimentados basicamente em pasto. Na estação seca, a produção de forragem é severamente reduzida, a senescência de folhas e perfilhos, acelerada, e as pastagens tropicais, especialmente aquelas mantidas sob pastejo, apresentam normalmente baixa disponibilidade de forragem de boa qualidade (EUCLIDES, 2000).

Este fato acarreta menor desempenho dos animais em pastejo, sem suplementação. Nesta fase, portanto é imprescindível suprir os nutrientes na forragem, a fim de evitar redução do ganho ou até mesmo perda de peso.

A suplementação com concentrado, além de corrigir a deficiência de nutrientes da forragem, potencializa o ganho de peso, diminui a idade ao abate, aumenta a capacidade de suporte das pastagens, auxilia no manejo das pastagens, aumenta a taxa de desfrute e ainda pode servir como veículo para o fornecimento de aditivos ou promotores de crescimento, como os ionóforos.

2.3 IONÓFOROS

Segundo Franco (2008), o uso de aditivos de eficiência comprovada, como por exemplo, os ionóforos, é uma ferramenta adicional poderosa, capaz de otimizar a conversão da forragem em produto animal. Além de aumentar o desempenho individual e consequentemente promover maior lucratividade do negócio, resulta outros benefícios tais quais a redução da produção de metano e da excreção de nitrogênio no ambiente e otimização do uso da terra.

Estima-se que a utilização de ionóforos em dietas de gado de corte nos Estados Unidos representa uma economia de 140.000 ha de milho que seriam necessários para atender à estas dietas (TEDESCHI et al., 2003).

Conforme Corsi et al. (2001), pode-se inferir que resultados da suplementação proteica com animais em pastejo dependem da inclusão de ionóforos, pois estes aditivos respondem por aproximadamente 50% das respostas a este tipo de suplementação.

Ionóforos, entre eles a monensina, são substâncias produzidas por várias cepas de *Streptomyces* sp. Por definição, são moléculas de baixo peso molecular capazes de interagir esquiometricamente com íons metálicos servindo como transportadores para esses íons através de uma membrana lipídica biomolecular (OVCHINNIKOV, 1979). Causam diminuição do crescimento de bactérias Gram-positivas, alterando, dessa forma, a fermentação ruminal e reduzindo as perdas energéticas via metano (CHALUPA, 1977).

Segundo Schelling (1984), os modos de ação dos ionóforos são dois: um básico, que ocorre na membrana celular dos microrganismos ruminais; e outro sistêmico, composto de sete categorias de ação, resultantes da alteração do metabolismo das bactérias do rúmen e que afeta a resposta animal. Desse modo, os ionóforos podem aumentar a eficiência do metabolismo energético e proteico no rúmen e no animal, além de diminuir a incidência de distúrbios digestivos (BERGEN & BATES, 1984). Seu efeito sobre a digestibilidade ruminal pode ser influenciado por fatores como adaptação, dieta, estado fisiológico e idade dos animais, tempo de incubação, tipo e dose do produto utilizado, entre outros (LUCCI et al., 2001).

A monensina é um ionóforo que é utilizado com o objetivo de aumentar o desempenho dos animais pela melhora da eficiência energética, principalmente, em função do aumento da produção de ácido propiônico, da redução da relação $C_2:C_3$ e diminuição da produção de metano, além da diminuição da produção de ácido lático e redução nas perdas de aminoácidos que seriam potencialmente fermentados no rúmen (MCGUFFEY et al., 2001).

Além do aumento da eficiência energética, também se atribui à utilização de ionóforos a melhoria da utilização de proteína pelo ruminante. Basicamente, tal benefício deve-se ao fato de as bactérias proteolíticas e fermentadoras de aminoácidos serem sensíveis aos ionóforos, o que diminui a concentração de nitrogênio amoniacal no fluído ruminal (RUSSELL, 1996).

Em animais alimentados com dietas à base de forragem, ou em pastejo, os benefícios da monensina sódica na conversão alimentar se traduzem no ganho de peso. Potter et al. (1976) conduziram três experimentos à pasto e um experimento com forragem verde picada em confinamento com intuito de avaliar o efeito de doses de 0, 50, 100, 200, 300 e 400 mg de monensina/cabeça/dia no ganho de peso e conversão alimentar, abrangendo 372 novilhos de corte com 200 à 300 kg de peso vivo. A monensina melhorou o ganho de peso nas doses 100, 200 e 300 mg/cabeça/dia. A dose aparentemente ótima nesses experimentos foi de 200 mg/cabeça/dia. O ganho de peso foi 17% maior nesta dose em relação ao controle.

Spears (1990) revisou sobre os efeitos da administração de ionóforos na digestão e absorção de nutrientes. Primeiramente, observou que a adição de monensina gerou um aumento médio de 2,0% na digestibilidade aparente de energia. Relatou que a digestibilidade da fibra em bovinos alimentados com alto teor de concentrado foi frequentemente aumentada (HORTON, 1980; HORTON et al., 1980; WEDEGAERTNER; JOHNSON, 1983). Segundo o autor, os resultados observados sugerem que o efeito dos ionóforos na digestibilidade da fibra parece depender da fonte de fibra utilizada, assim como a composição da dieta.

Porém, a ação dos ionóforos vai além das alterações nas produções dos AGCC produzidos, pois eles parecem influenciar também a produção de metano no rúmen. Segundo Tedeschi et al. (2003), no ambiente ruminal ocorre produção de hidrogênio durante a fermentação anaeróbica da glicose, sendo o excesso desse hidrogênio eliminado primeiramente através da formação de metano por

microrganismos metanogênicos do grupo Archea, que são normalmente encontrados no ecossistema ruminal (BAKER, 1999).

De acordo com Tedeschi et al. (2003), os ionóforos podem reduzir a produção de metano em 25% e a ingestão de alimentos em 4% sem afetar o desempenho animal. Já Zinn et al. (1994) não observaram alteração da produção ruminal de metano com administração de monensina, quer a dieta possuíisse 10% ou 20% de volumosos.

Na literatura encontram-se resultados bem contrastantes sobre os efeitos da administração de ionóforos na produção de metano. Uma explicação para esses resultados seria a aplicação de diferentes metodologias para avaliar a produção ruminal de gases. Além disso, Tedeschi et al. (2003) sugeriram que outra explicação seja a de que diferentes proporções de volumosos e concentrados presentes nas dietas possam alterar a produção de metano.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, V.B.G.; ABRAMIDES, P.L.; ALCÂNTARA, P.B. Aceitabilidade de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais. **Bol. Indús. Ani.**, v. 37, n. 1, p.149-157, 1980.
- BERGEN, W.G.; BATES, D.B. Ionophores: Their effect on production efficiency and mode of action. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 6, p. 1465-1483, 1984.
- BONA FILHO, A.; CANTO, M.W. **Qualidade Nutricional das Plantas Forrageiras**. Disponível em: <<http://www.fundepecpr.org.br/tev/palestras/palestra17.doc>>. Acesso em: 19/12/2013.
- BUTTERWORTH, M.H. Digestibility trials on forages in Trinidad and their use in the prediction of nutritive value. **J. Agric. Sci.**, 60: 341-346. 1963.
- CHALUPA, W. Manipulating rumen fermentation. **Journal of Animal Science**. 45, 585-599, 1977
- COOTON, W.R.; PIELKE, R.A. **Human impacts on weather and climate**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 288 p.
- CORSI, M. Produção e qualidade de forragens tropicais. In: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 69-85.
- COSER, A.C.; CRUZ FILHO, A.B.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, A.L. Desempenho animal em pastagens de capim-gordura e braquiária. **Pasturas tropicales**, v. 19, n.3, p.14 – 19, 1996.
- DELGADO, C.L. **Rising demand for meat and milk in developing countries: implications for grasslands-based livestock production**. In: MCGILLOWAY, D.A. (Ed.). *Grassland: a global resource*. Wageningen Academic Publishers, 2005. Chap.2, p.29-40.
- DO VALLE, C.B.; SIMIONI, C.; RESENDE, R. M .S., JANK, L. Melhoramento genético da Braquiária. In. RESENDE, R. M. S.; DO VALLE, C. B.; JANK, L. **Melhoramento de forrageiras tropicais**. Campo Grande. EMBRAPA Gado de Corte, 2008. P. 13-53.
- DRIEMEIR, D. et al. Relação entre macrófagos espumosos (foam cells) no fígado de bovinos e ingestão de *Brachiaria* spp no Brasil. **Pesq. Vet. Bras.**, v. 19, n. 2, p. 79-83, 1999.
- EUCLIDES, V.P.B. **Algumas considerações sobre manejo de pastagens**. Campo Grande, MS, 1994, 31 p.

- EUCLIDES, V.B.P. **Alternativas para intensificação da produção de carne bovina em pastagem**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000, 65p.
- GARCIA, J.; ALCALDE, C.R.; ZAMBOM, M.A. Desempenho de Novilhos em Crescimento em Pastagem de *Brachiaria decumbens* Suplementados com Diferentes Fontes Energéticas no Período da Seca e Transição Seca-Águas, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2140-2150, 2004.
- GOEDERT, W.J., E. LOBATO E E. WAGNER. Potencial agrícola da região de cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n.15, p.1-17, 1988.
- GOMES JÚNIOR, P.; et al. Composição químico-bromatológica da *Brachiaria decumbens* sob pastejo: proteína e carboidratos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p. 187-188.
- HODGSON, J.; SILVA, S.C. Options in tropical pasture management. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA , 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p. 180-202, 2002.
- HORTON, G.M.J.; BASSENDOWSKI, K.A.; KELLER, E.H. Digestion and metabolism in lambs and steers fed monensin with different levels of barley. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 50, p. 997-1008, 1980.
- HUNKER, A.E.S. **Three Brachiaria SP adapted to well drained soils**. Bulletin, n. 82.Landbouw proefstation. Suriname. 1965. 193 p.
- HUTTON, E.M. **Report on the Brachiaria decumbens problem on Fazenda São Tomás Abóboras of Carlos Cunha, Rio Verde, Goiás, visited August 15, 1975**. IPB: Rio Verde Comércio de Sementes Ltda. 1975. 3p. (Datilografado).
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Brasília, julho, 2008.
- LUCCI, C.S.; PEIXOTO, K.C.J.; AMARO, F.R. et al. Efeitos de níveis e de tempos de adaptação a lasalocida sódica sobre a degradabilidade ruminal do feno de coast-cross (*Cynodon dactylon*) e do farelo de soja em bovinos. **Boletim da Indústria Animal**, v.58, n.1, p.95-112, 2001.
- MACHADO, L.A.Z.; LEMPP, B.; DO VALLE, C.B. et al. Principais espécies forrageiras utilizadas em pastagens para gado de corte. In: PIRES, A.V. **Bovinocultura de corte**. Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2010. v.1cap.17,p.375-417.
- MANELLA, M.Q. **Perfil de aminoácidos e estudo de degradação ruminal de alimentos em bovinos Nelore recebendo diferentes proporções de**

- concentrado**. 2004. 104 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004.
- MCGUEFEY, R.K.; RICHADSON, L.F.; WILKINSON, J. I. D. Ionophores for dairy cattle: Currents status and future outlook. **Journal of Animal Science**, v. 84, n.1, p.194-203, 2001.
- MOORE, J.E., BRANT, M.H., KUNKLE, W.E., HOPKINS, D.I. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. **Journal of Animal Science**, v.77, p.122-135, 1999.
- MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F. ZERVOUDAKIS, J.T. Avaliação Qualitativa da Pastagem Diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf., sob Pastejo, no Período da Seca, por Intermédio de Três Métodos de Amostragem, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.30-35, 2005.
- NASCIMENTO, M.P.S.C.B.; RENVOIZE, S.A. **Gramíneas forrageiras naturais e cultivadas na região Meio-Norte**. Teresina: Embrapa Meio-Norte; Kew: Royal Botanic gardens, Kew; 2001.
- NAZÁRIO, W.; et al. Intoxicação experimental produzida pelo *Pithomyces chartarum* (Berk. & Curt.) M.B. Ellis, isolado de *Brachiaria decumbens*. **Biol.**, v.43, n.5, p.125-131, 1977.
- OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T.; PEDREIRA, M.S. et al. 2006. Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestability and methane emission in beef cattle. **Animal Feed Science and Technology**, 135 (2007) 236-248
- OVCHINNIKOV, J.A. Physico chemical basis of ion transport through biological membranes: ionophores and ion channels. **European Journal of Biochemistry**, v.94, n.2, p.321-336, 1979
- PEREIRA, A.V.; DO VALLE, C.B.; FERREIRA, R.P.; Melhoramento de forrageiras tropicais. In. NAS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.C.C.; VALADARES-INGLIS, M.C. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária do Mato Grosso, 2001. cap. 18, p. 550-601.
- POTTER, E.L.; RAUN, A.P.; COOLEY, C.O. et al. Effect of monensin on carcass characteristics, carcass composition and efficiency of converting feed to carcass. **Journal of Animal Science**. (In press), 1976.
- REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; PEREIRA, J.R.A. Suplementação como estratégia de manejo de pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 13.,

- 1997, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FEALQ. 1997. p.123-150.
- REIS, S.T. **Valor nutricional de gramíneas tropicais em diferentes idades de corte**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 99p. Dissertação (Mestrado em zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2000.
- RUSSELL, J.B.; STROBEL, H.J. Effect of ionophores on ruminal fermentation. **Applied and Environmental Microbiology**, Baltimore, V.55, p.1-6, 1989.
- SANTOS, E.D.G.; PAULINO, M.F.; QUEIROS, D.S. Avaliação de Pastagem Diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf: 1. Características Químico-Bromatológicas da Forragem Durante a Seca, **Revista Brasileira de Zootecina**, v.33, n.1, p.203-213, 2004 a.
- SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; BALBINO, E.M. Capim-braquiária diferido e adubado com nitrogênio: produção e características da forragem, **Revista Brasileira de Zootecina**, v.38, n.4, p.650-656, 2009.
- SCHELLING, G.T. Monensin mode of action in the rumen. **Journal of Animal Science**, v.58, n.6, p.1518-1527, 1984.
- SEIFFERT, N. F. **Gramíneas forrageiras do gênero Brachiaria. Reimpressão**. Campo Grande, EMPRAPA_CNPQC, (EMBRAPA: CNPQC. Circular técnica, 1), Campo grande, p.74, 1984.
- SERRÃO, E.A.D.; SIMÃO NETO, M. Informações sobre duas espécies de gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* na Amazônia: *Brachiaria decumbens* Stapf e *Brachiaria ruziziensis* Germanin et Everarard. **Inst. Pesq. Exp. Agrop.**, v. 1, n. 1, p. 01-31, 1971.
- SOARES FILHO, C.V.; MONTEIRO, F.A.; CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilizantes e manejo. **Pastures Tropicales**, v.14, n.2, p.1-6, 1992.
- SPEARS, J.W. Ionophores and nutrient digestion and absorption in ruminants. **Journal of Nutrition**, v. 120, n. 6, p. 632-638, 1990.
- STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T. et al. **Livestock's long shadow: environmental issues and options**. Rome: Food and Agriculture Organization, Animal Production and Health Division, 2006. 408 p. Disponível em: <www.virtualcentre.org/en/library/key_pub/longshad/A0701E00.pdf>. Acesso em: 16 agost. 2010.
- TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P. Potential environmental benefits of

ionophores in ruminant diets. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.32, p. 1591-1602, 2003.

WEDEGAERTNER, T.C.; JOHNSON, D.E. Monensin effects on digestibility, methanogenesis and heat increment of a cracked corn-silage diet fed to steers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 57, p. 168-177, 1983.

ZIMMER, H.A.; EUCLIDES FILHO, K. **As pastagens e a pecuária de corte brasileira.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: [s.n.], 1997.p.349-380.

ZINN, R.A.; PLASCENCIA, A.; BARAJAS, R. Interaction of forage level and monensin in diets for feedlot cattle on growth performance and digestive function. **Journal of Animal Science**, v. 72, n.9, p.2209-2215, 1994.

CAPÍTULO III

3 DESEMPENHO DE BOVINOS NELORE EM PASTAGEM DE *Brachiaria decumbens* RECEBENDO NÍVEIS CRESCENTES DE MONENSINA SÓDICA EM SUPLEMENTO PROTEICO DE BAIXO CONSUMO NA ÉPOCA DAS SECAS

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a inclusão de altos níveis de monensina em suplementos proteico de baixo consumo para bovinos da raça Nelore. Foram utilizados 64 novilhos inteiros com peso médio de 245 Kg, distribuídos aleatoriamente em quatro tratamentos: 0, 400, 800 e 1200 mg de monensina sódica/ kg de suplemento proteico. Os animais permaneceram em quatro piquetes de *Brachiaria decumbens* onde eram submetidos à rodízios semanais. O consumo médio de suplemento foi determinado semanalmente. A cada 28 dias os animais foram pesados e amostras de pasto foram colhidas para determinação das variáveis qualitativas e quantitativas da forragem. Concomitantemente às duas últimas pesagens foram realizadas coletas de sangue dos animais para a estimativa do consumo individual do suplemento através do marcador sanguíneo sulfato de lítio. A inclusão de monensina nos níveis estudados diminuiu o consumo de suplemento e piorou o desempenho animal.

Palavras-chave: aditivos, ganho de peso, ionóforo, pastejo simulado, sulfato de lítio.

PERFORMANCE OF NELLORE CATTLE GRAZING *Brachiaria decumbens* RECEIVING MONENSIN LEVELS IN PROTEIN SUPPLEMENT OF LOW CONSUMPTION DURING THE PERIOD OF DRY

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the inclusion of high monensin levels in protein supplements for Nellore cattle, and the effect on weight gain and average daily consumption. 64 male with an average weight of 245 kg were used for 120 days. They were randomly assigned to four treatments: control, containing protein supplement and control plus three levels of monensin addition (400, 800 or 1,200 mg/kg of supplement). The animals remained in four *Brachiaria decumbens* paddocks. The rotation of the animals and the average daily consumption was estimated weekly. Every 28 days, the animals were weighed and pasture samples were collected to determination of qualitative and quantitative variables. In the last two weighings, blood collection were performed to estimate the individual supplement consumption through lithium sulfate. The increased monensin levels decreased the supplement consumption and the animal performance.

Key words: additives, ionophore, lithium sulfate, simulated grazing, weight gain.

3.1 INTRODUÇÃO

Com as projeções de crescimento demográfico atuais, a população mundial deverá ultrapassar 9 bilhões em 2050 contra os atuais 6,7 bilhões coincidindo com o aumento no poder econômico principalmente da China, Índia, Europa Oriental e América Latina (HINES, 2008). Este aumento do poder econômico mostrou-se ligado ao aumento do consumo de alimentos.

Essas mudanças nos padrões da população e do consumo alimentar indicam claramente que precisaremos de 100% a mais de comida em 2050 (TILMAN et al., 2002). Isto significa um enorme aumento que dependerá essencialmente do desenvolvimento e aplicação de tecnologia.

Armstrong (2009) citou que cerca de 70% do aumento da demanda de alimentos deve vir de uma maior eficiência gerada pela tecnologia contra 20% da maior mobilização de terras para produção e 10% do aumento do número das safras agrícolas. Com isso, a redefinição das tecnologias pré-existentes e a descoberta de novas serão fundamentais para melhorar a produtividade no futuro.

O Brasil é detentor do maior rebanho comercial mundial, possuindo cerca de 202,2 milhões de cabeças (IBGE, 2008), sendo esta produção caracterizada quase que exclusivamente por sistema de pastagens. Segundo dados da FNP (2001), do total do rebanho bovino brasileiro, 20% são abatidos anualmente, sendo que deste total, aproximadamente 30 milhões são terminados em pastagens, ou seja, 93,75% do número de animais abatidos. Os demais animais são terminados em sistemas de confinamento ou semi-confinamento.

No Brasil existe estacionalidade na produção de forragens, com grande disponibilidade no período das águas e deficiência no período da seca, fazendo com que a pecuária brasileira sofra grande impacto na produção de gado de corte impedindo o crescimento contínuo e uniforme dos animais durante todo o ano.

Segundo Thiago (1999), a maior produtividade dos sistemas de produção de carne a pasto só será alcançada se houver ajuste entre a curva sazonal de oferta de nutrientes das pastagens e a crescente demanda de nutrientes pelo animal. Este fato é possível por meio do uso da suplementação alimentar, desde que esta apresente uma relação custo:benefício favorável.

Muitas pesquisas têm indicado que a suplementação proteica em dietas a base de forragens de baixa qualidade, pode melhorar a produção de bovinos de corte (DEL CURTO et al., 1990), melhorando a eficiência da fermentação ruminal, maior velocidade de degradação e maior consumo de volumoso. O fornecimento de proteína degradável no rúmen quando as pastagens apresentam níveis inferiores a 7% de PB proporciona um estímulo a atividade microbiana (MINSON 1990), fornecendo nitrogênio degradável no rúmen para atender a exigência mínima de proteína bruta (VAN SOEST, 1994). Quando a forragem possui teor de PB inferior a 6 - 7 %, seu consumo declina, assim como sua digestibilidade (MOORE & KUNKLE, 1998).

Franco (2007), cito em seu trabalho que o uso de aditivos de eficácia comprovada, como por exemplo, os ionóforos, é uma ferramenta adicional poderosa, capaz de otimizar a conversão da forragem em produto animal e que além de aumentar o desempenho individual e consequentemente promover maior lucratividade do negócio, resulta outros benefícios tais quais a redução da produção de metano e da excreção de nitrogênio no ambiente e otimização do uso da terra.

Pesquisas mostraram que o uso desses aditivos fornecidos via suplemento para animais em pastagem tem apresentado resultados variados (PÖTTER et al., 1976; RESTLE et al., 1999; ROSO; RESTLE, 2001).

Desta forma, objetivou-se com essa pesquisa, avaliar o efeito de níveis elevados de monensina sódica em suplemento proteico de baixo consumo, no período das secas, sobre o consumo do suplemento e o desempenho de bovinos da raça Nelore mantidos em pastagem de *Brachiaria decumbens*.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Local, Período e Condições Meteorológicas

O experimento foi realizado nas dependências da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da Universidade de São Paulo (USP), em área pertencente à Prefeitura do Campus Administrativo, no município de Pirassununga, localizado à latitude 21° 59'' sul, longitude 47° 26' oeste e altitude de 634 m. O clima é subtropical do tipo Cwa com inverno seco e verão quente e chuvoso, segundo a

classificação climática de Koppen (OLIVEIRA E PRADO, 1984). As médias de temperatura e precipitação ocorrida durante o período experimental encontram-se na Figura 1. O experimento teve duração de 112 dias, sendo 28 dias de adaptação às instalações e alimentação.

Figura 1. Médias mensais de temperatura (°C) e precipitação (mm) para o período experimental (ano de 2010).

Fonte: Estação Meteorológica da Prefeitura do campus de Pirassununga.

3.2.2 Animais e Instalações

Foram utilizados 64 bovinos da raça nelore, com idade média de nove meses e peso inicial médio de 245 kg, distribuídos aleatoriamente em quatro tratamentos e alocados em quatro piquetes de *Brachiaria decumbens*, com aproximadamente 6,8 ha de área cada, onde eram submetidos a rodízios semanais, de modo que ao final de cada período de 28 dias, todos os animais haviam passado por todos os piquetes de forma a eliminar possíveis efeitos dos pastos. Em cada pasto havia um cocho fechado com frente móvel onde eram fornecidos *ad libitum* os suplementos (Figura 2).

Figura 2. Animais do experimento próximos ao cocho.

3.2.3 Tratamentos Experimentais

Foram utilizados quatro tratamentos, sendo:

T₀: suplemento proteinado de baixo consumo (LAMBISK M®, Bellman Nutrição Animal) - controle;

T₄₀₀: suplemento proteinado de baixo consumo + 400 mg de monensina sódica (RUMEFORT®, Vallée) / kg de suplemento proteinado;

T₈₀₀: suplemento proteinado de baixo consumo + 800 mg de monensina sódica/ kg de suplemento proteinado;

T₁₂₀₀: suplemento proteinado de baixo consumo + 1200 mg de monensina sódica/ kg de suplemento proteinado.

Os níveis de garantia do suplemento proteinado utilizado nos tratamentos foram: Proteína bruta 400 g/kg, NNP 340 g/kg, Cobre 170 mg/kg, Manganês 130 mg/kg, Zinco 640 mg/kg, Iodo 12 mg/kg, Cobalto 10 mg/kg, Selênio 3 mg/kg, Flúor 200 mg/kg, Cálcio 80 g/kg, Fósforo 12 g/kg, Magnésio 2 g/kg, Enxofre 15 g/kg e Sódio 35 g/kg.

Os animais receberam os suplementos à vontade referente ao tratamento experimental, uma vez que na literatura consta não haver efeito da frequência de fornecimento do suplemento no desempenho animal (ANDRADE, 2008; DE PAULA, 2008).

3.2.4 Determinação do Ganho de Peso

O ganho médio diário de peso vivo foi calculado individualmente para cada animal após jejum completo de 18 horas, dividindo o ganho obtido ao final de cada período pelo número de dias correspondentes, no caso 28 dias (Figura 3).

Figura 3. Animais após a pesagem individual.

3.2.5 Determinação do Consumo de Suplemento pelo Grupo

O consumo médio dos suplementos pelo grupo foi determinado semanalmente através da diferença entre a quantidade fornecida na semana anterior e a quantidade remanescente, peso seco ao ar (GUTIERREZ, 1997).

Diariamente os cochos eram vistoriados e reabastecidos quando necessário, de forma a não prejudicar o consumo. Essa eventual quantidade adicionada era então somada ao total oferecido no período.

3.2.6 Determinação do Consumo Individual de Suplemento

O consumo individual dos suplementos foi estimado em duas vezes (junto com as últimas pesagens), através da utilização do lítio (Li) como marcador sanguíneo. Estimando a proporção do consumo do suplemento marcado atribuída a cada animal através da análise sanguínea de lítio.

Esta estimativa é obtida multiplicando-se a concentração de lítio no plasma pelo peso vivo do animal. Este valor ($CLi \times PV$) para cada animal é expresso como uma porcentagem do total de lítio estimado no corpo dos animais (soma de $CLi \times PV$ de todo o grupo). Multiplica-se então esta porcentagem pela quantidade desaparecida de suplemento no cocho durante o período de exposição dos animais ao suplemento marcado (KAHN, 1994).

Para tanto, 24 horas antes da retirada dos animais dos pastos para a pesagem de determinação do ganho de peso, as sobras de suplemento eram retiradas dos cochos e calculava-se o consumo médio de suplemento/cabeça/dia durante a semana. Os cochos eram reabastecidos com o mesmo tipo de suplemento acrescido de 4 g de sulfato de lítio (Li_2SO_4) para cada animal. As sobras eram então removidas e pesadas após a retirada dos animais dos pastos para o início do jejum pré-coleta.

Na manhã seguinte, as amostras de sangue eram coletadas em tubos à vácuo identificados individualmente através da punção da veia jugular. As amostras eram então mantidas em isopor e encaminhadas ao Laboratório de Minerais do Departamento de Zootecnia da FZEA/USP, onde foram imediatamente centrifugadas a 3500 rpm por 10 minutos para separação do soro que foi armazenado congelado em tubos de *ependorf* até o momento da análise laboratorial. A determinação do teor de lítio no soro sanguíneo foi realizada através da leitura em fotômetro de chama.

3.2.7 Avaliação da Forragem

As colheitas de forragem para determinação da disponibilidade de matéria seca total e separação morfológica foram obtidas através da amostragem tradicional pela técnica do quadrado, com 0,25 m² de área (50,0 cm de lado), sendo o corte efetuado a 5,0 cm de altura do solo. No início e a cada 28 dias, concomitantemente às pesagens dos animais, dez pontos eram tomados ao acaso em cada piquete. As amostras totais obtidas foram posteriormente pesadas a fim de obter os dados de kg/matéria verde original/ 2,5 m² (0,25 m² multiplicado por 10 amostragens). Após homogeneização, duas sub-amostras de cada piquete foram obtidas. Uma sub-amostra de aproximadamente 300 g foi utilizada para determinação da matéria seca final e de disponibilidade de matéria seca total, e a outra sub-amostra de 500 g na determinação da composição morfológica.

A determinação da matéria seca foi obtida após a secagem da amostra em estufa com ventilação forçada a 65 °C por 72 horas. Posteriormente as amostras eram processadas em moinho de facas com peneira com crivo de 2 mm e armazenadas em sacos plásticos identificados para posterior análise.

Para a determinação da composição morfológica (Figura 4), a planta foi separada em folhas (lâminas foliares), colmos (caule + bainha e inflorescência) e material senescido (morto, 50% ou mais de sua superfície seca).

Figura 4. Forragem separada para estimativa da composição morfológica.

A cada período era monitorado a altura do pasto, por 50 leituras ao acaso, com auxílio de uma régua graduada em cm, tomando-se como referência o ponto de curvatura das folhas ou, quando esta era ausente, a ponta da folha mais alta. De posse do valor médio da altura de cada pasto foi estimada a massa seca de forragem.ha⁻¹ em cada período. Simulações de pastejo também foram feitas em cada período, com a finalidade de estimar os nutrientes presentes no capim e consumidos pelos animais (COOK, 1964; DAYRELL et al., 1982).

As amostras de planta inteira e simulação de pastejo de cada piquete em cada coleta, e dos suplementos foram submetidas às análises de matéria seca, de proteína bruta micro-kjeldahl (A.O.A.C., 1980), fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido (VAN SOEST, 1991). Todas as análises químico-bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da FZEA/USP.

3.2.8 Análise Estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância ao nível de significância a 5%. Quando detectado diferença pelo teste f foi realizado o teste de Tukey (P>0,05). As análises foram efetuadas utilizando-se o procedimento GLM do programa estatístico SAS (SAS 2002).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Variáveis Quantitativas da Forragem

Durante todo o período experimental, de junho à setembro (época das secas), a temperatura média esteve sempre acima dos 15°C, considerada limite crítico para o crescimento da planta forrageira tropical. No mês de maio, antecedente ao início do experimento, houve precipitação de aproximadamente de 89 mm, caindo para 35 mm no mês de junho e elevando para 198 mm no último mês do experimento (Figura 5). Com a baixa disponibilidade de água e luz no período experimental pode-se afirmar que

houve baixo crescimento das plantas e a alta disponibilidade de massa seca deu-se mais ao acúmulo do período.

Os resultados médios de altura do dossel e matéria seca total (MST) da pastagem referentes as variáveis quantitativas estão apresentados na figura a seguir.

Figura 5. Matéria seca disponível para os animais expresso em kg de matéria seca.hectare⁻¹ e altura expresso em centímetros da pastagem em área de *Brachiaria decumbens* durante o período experimental.

Pode-se observar (Figura 5) que a pastagem de *B. decumbens*, apresentou durante todo o período experimental elevada produção de matéria seca total, com máxima e mínima de 7810 e 4367 kg.ha⁻¹.

Segundo Minson (1990), para não restringir o consumo do pasto é necessário valores de matéria seca total acima de 2.000 kg.ha⁻¹. Já Euclides et al. (1998), sugeriram que a matéria seca total deve estar acima de 2.500 kg.ha⁻¹, uma vez que nas gramíneas de clima tropical ocorre a presença significativa de colmo e material morto no dossel forrageiro o que influencia o consumo da forragem pelos animais.

De acordo com esses autores, pode-se afirmar que não houve limitação na disponibilidade de matéria seca total. Os animais tiveram oportunidade de selecionar a forragem, sendo um fator importante para maximizar o consumo e por consequência o desempenho dos animais em pastejo.

A altura média do pasto foi de 28,3 cm, apresentando pouca variação durante os períodos de avaliados, isto provavelmente não dificultou a apreensão da forragem pelos animais, já que baixas alturas podem comprometer o consumo. Hodgson (1990), afirmou que em condições de lotação contínua, o consumo de forragem e o desempenho de bovinos podem reduzir quando a altura do pasto estiver entre 8 e 10 cm.

Porém, características estruturais relativas a forma como a forragem encontra-se arranjada no dossel, afetam a sua facilidade de apreensão, interferindo no consumo, principal determinante do desempenho dos animais em pastejo. Nesse contexto, a maior presença de colmos, estrutura morfológica de maior resistência ao corte e colheita pelo animal, pode resultar em ingestão reduzida e comprometimento do desempenho (TRINDADE, 2007).

A composição morfológica da massa de forragem no presente estudo foi caracterizada por uma proporção maior de material senescido e menor proporção de colmos e folhas (Figura 6). Isso também pode resultar em um menor aproveitamento da forragem disponível, uma vez que sabidamente o valor nutritivo das folhas é superior aquele de colmos e de material senescido.

Figura 6. Composição Morfológica da *Brachiaria decumbens* durante o período experimental.

Correia (2006) observou correlação alta e negativa entre ganho de peso diário e percentagem de material morto presente na pastagem com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, bem como correlação alta e positiva entre ganho de peso diário e percentagem e folhas. Segundo o mesmo autor, estes dados reforçam as afirmações de Hodgson (1990), que diz que a estrutura e a composição botânica da pastagem pode exercer efeito direto sobre a ingestão de forragem por animais em pastejo, independente da influência na composição química e do conteúdo de nutrientes da própria forragem.

Segundo Euclides (2000), na estação seca na qual foi a época do experimento, a produção de forragem é severamente reduzida, a senescência de folhas e perfilhos acelera, e as pastagens tropicais, especialmente aquelas mantidas sob pastejo apresentam baixa disponibilidade de forragem de boa qualidade.

Com isso, apesar da alta disponibilidade de matéria seca total, a qualidade da forragem disponível limitou o desempenho de produtividade dos animais. Para haver bons desempenhos de animais suplementados em pasto, a quantidade de folhas na composição morfológica e a disponibilidade de forragem são fundamentais.

3.3.2. Variáveis Qualitativas da Forragem

Os valores de PB, FDN e FDA da forragem colhida pelo método da disponibilidade total e pela simulação de pastejo durante o período experimental são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) das amostras de forragem e de pastejo simulado de acordo com os dias de experimento.

	Dias de Experimento					
	0	28	56	84	112	Média
	Proteína bruta (%)					
Forragem	2,9	3,1	2,5	2,7	3,4	2,9
Pastejo simulado	3,7	3,8	2,7	2,7	4,5	3,5
	Fibra em detergente neutro (%)					
Forragem	73,4	74,1	74,5	75,5	74,9	74,5
Pastejo simulado	69,2	68,8	74,0	74,0	70,6	71,3
	Fibra em detergente ácido (%)					
Forragem	44,3	46,0	45,7	46,1	47,5	45,9
Pastejo simulado	42,0	39,3	44,3	44,3	41,5	42,3

Durante todo o período amostrado, a forragem colhida pelo método da disponibilidade total apresentou teores médios de PB de 2,9%, FDN de 74,5% e FDA de 45,9%. Estes resultados são semelhantes aos encontrados na literatura para a MS de *B. decumbens* sob pastejo na época seca. Gomes Jr. (2000), verificou teores médios de PB de 2,7% e de FDN 84,4%. Já Santos et al. (2004), observou teores médios de PB de 2,19%, FDN de 80,9% e FDA de 47,5%.

O animal em pastejo, tendo alta disponibilidade de forragem, exerce o processo seletivo. Conforme Hodgson et al. (1994), a dieta colhida pelo animal na pastagem é selecionada segundo a preferência, mas modificada pela disponibilidade e acessibilidade dos componentes preferidos e menos preferidos. Consequentemente, o nível potencial de ingestão, a digestibilidade da dieta e, principalmente, o desempenho dos animais são claramente influenciados pela maturidade da forragem disponível e pela distribuição de componentes de diferentes digestibilidades no relvado.

Vale ressaltar que os animais consomem preferencialmente folhas a colmo e material morto (HODGSON, 1990). Segundo Van Soest (1994), o maior consumo de folhas em relação ao caule é atribuído a mais rápida digestão e ao menor tempo de retenção no rúmen, bem como à maior acessibilidade e facilidade de apreensão.

Neste sentido, a amostragem da pastagem por intermédio da simulação de pastejo tem a finalidade de estimar os nutrientes presentes no capim e consumidos pelos animais (COOK, 1964; DAYRELL et al., 1982).

Os resultados obtidos neste trabalho para os teores médios de PB utilizando o método de simulação de pastejo foi de 3,5%. Este resultado foi semelhante ao encontrado por Gomes Júnior et al. (2001a), que encontraram teores de 3,96% de PB em amostras de simulação de pastejo. Kabeya (2002), que analisou amostras de *B. decumbens* obtidas por pastejo simulado na época de transição água-seca e também verificou teores semelhantes, com PB entre 3,95 e 4,46%.

Os teores médios de PB na forragem e no pastejo simulado durante todo o período experimental podem ser considerados baixos do ponto de vista nutricional, já que esteve sempre abaixo do limite crítico para o adequado funcionamento do rúmen, que na gramíneas tropicais, está entre 6,0 e 7,0% PB na dieta (MINSON, 1990). Entretanto, estes valores são característicos do período de seca.

O teor médio de FDN na forragem obtidas pelo corte do pasto e pela simulação de pastejo foram de 74,5 e 71,3%, respectivamente. Segundo Mertens (1994), o teor de FDN representa a fração química da planta que possui estreita correlação com

o consumo. Van Soest (1994), afirmou que o consumo é inversamente relacionado ao teor de FDN em dietas que contenham acima de 60% de FDN.

Do mesmo modo, a qualidade da FDN da forragem pode também influenciar o consumo e a utilização do alimento pelos animais. Segundo Moore (1980), o maior consumo da fração FDN vai depender da maturidade dos tecidos da planta, que é geralmente mais rápida em forrageiras tropicais e, assim, aumenta a lignificação da parede celular e reduz sua utilização pelos microrganismos ruminais.

Os resultados obtidos para os teores de FDN pelo método da simulação de pastejo foram próximos aos obtidos por Gomes Jr et al. (2001b), que ao estudar a parede celular de *Brachiaria Decumbens* obtidas pela simulação de pastejo encontraram teores entre 70,98 e 80,48%. Kabeya (2002), também obteve resultados semelhantes nos dois meses de avaliação, com 71,83% em maio e 71,96% em agosto.

Cavalcante Filho et al. (2008) encontraram teores de FDA em amostras de simulação de pastejo entre 29,3 e 39,2%. Esses valores são inferiores aos encontrados no presente trabalho, que teve média de 42,3%. Segundo Van Soest (1994), forragens com teor de 30% é o ideal para um consumo satisfatório, enquanto forragens com teor acima de 40% apresentam limite de consumo.

A baixa qualidade nutricional encontrada nas amostras de forragem e pastejo simulado da *B. decumbens*, durante o período avaliado deveu-se certamente à avançada maturidade fisiológica da forrageira, decorrente do longo período de diferimento, à redução do extrato folhoso do relvado, em razão de sua utilização contínua pelos animais, e à baixa rebrotação do pasto, em virtude do período seco; e refletiu a baixa disponibilidade e proporção média de folhas verdes, da alta disponibilidade e participação de matéria seca morta (SANTOS et al., 2004).

Desta forma, a baixa qualidade nutritiva da forragem apresentada neste trabalho é um fator importante a ser considerado na análise do desempenho animal.

3.3.3 Avaliação do Consumo e Ganho de Peso

Os valores consumo de suplemento proteico conforme os níveis de inclusão de monensina para bovinos mantidos em pastagem de *Brachiaria decumbens*, constam na Tabela 2.

Tabela 2. Ganho de peso diário (GPD), consumo de suplemento (CS) e consumo de monensina (CM) conforme os tratamentos.

Variáveis	Tratamentos				EPM	Prob.
	T0	T400	T800	T1200		
GPD (kg/anim./dia)	0,107 a	0,084 ab	0,045 b	0,032 b	0,44	0,0006
CS (g/dia)	276,75 a	154,56 b	84,18 c	84,56 c	14,85	0,0001
CM (mg/dia)	0,0 c	61,82 b	67,35 b	101,47 a	4,64	0,0001

Médias com letras diferentes na coluna indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos.

De acordo com as médias da Tabela 2, observam-se diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos para o desempenho animal consumo de suplemento, consumo de monensina e eficiência alimentar.

Moreira et al. (2004) trabalhando com animais de 396 kg de PV suplementados com suplemento proteinado, obtiveram GMD de 0,20 kg/dia e consumo de suplemento de 293 gramas/ animal/dia. O pasto era formado por grama estrela roxa (*Cynodon plectostachyus* Pilger.), com 3,6% de PB, 48,0% de FDA, 4320 kg de MS/ha e 2118 kg de MVS.

Zanetti et al. (2000), trabalhando com novilhos de 200 kg, verificaram GMD de 0,36 kg/dia para animais suplementados com 650 g/animal/dia de suplemento proteinado e perda média de 0,10 kg/dia para os que receberam apenas sal mineral. A parte volumosa da ração era deficiente em proteína, uma vez que o pasto apresentou 5,5% PB.

Euclides et al. (2001), suplementando animais em pastagem com MS de 2860 kg/ha, 664 kg de MVS (23,2%), 6,3% de PB, 77,8% de FDN e 45,1% FDA, observaram GMD de 0,66 kg e consumo de suplemento proteico de 3,30 kg/dia, enquanto animais suplementados apenas com sal mineral apresentaram perda de 0,13kg/dia.

Como se pode observar, a variação de desempenho quando adotada a suplementação em pastejo na época seca é elevada. Como destacado por Alberto (1997), o desempenho com suplementação em pastejo é determinado pela interação de uma gama de fatores relacionados às interações forragem:suplemento:animal, as quais são caracterizadas individualmente a cada experimento.

Silva et al. (2009), na tentativa de tirar algumas associações com disponibilidade e qualidade, analisou diversos trabalhos de desempenho de animais em pastejo suplementados ou não durante o período seco do ano e obteve uma variação muito grande dos resultados em função das diversidades de ambientes, animais, metodologias de coletas e dietas. Mas segundo o mesmo autor, pode-se inferir que o aumento da disponibilidade total de matéria seca e de matéria seca verde e da oferta de forragem tenderam a aumentar o ganho de peso independente do nível de suplementação. Quando os ganhos foram associados com as variáveis de qualidade observaram-se as mesmas amplitudes de variação. Independente dos níveis de suplementação os ganhos de peso tenderam a diminuir com os aumentos dos teores de FDN e a aumentar com os valores de DIVMS da forragem.

Com base nessas informações, o menor desempenho dos animais no presente trabalho, provavelmente foi influenciado pelo baixo consumo de suplemento em todos os tratamentos (Tabela 2) e pela ingestão de forragem de baixa qualidade (Tabela 1).

Além disso, vale ressaltar que os animais em recria são mais exigentes em termos de energia para cada kg de ganho de peso (CARDOSO, 1988). Segundo Nunes (2009), animais nessa categoria e época do ano devem apresentar ganhos de peso moderados e, dessa forma, proporcionar o desenvolvimento do esqueleto e da musculatura e aproveitar o crescimento compensatório, que ocorre com o retorno das boas condições de pastagens na época chuvosa.

Com relação à utilização da monensina, o consumo de suplemento foi afetado de forma linear conforme os níveis de inclusão, o que consequentemente afetou no ganho de peso animal. É notório os efeitos positivos em desempenho (kg/animal/dia) dos animais que receberam o tratamento T0, sem inclusão de monensina. Esse comportamento foi devido a maior ingestão de suplemento deste frente aos demais tratamentos. O tratamento T400 proporcionou ganho de peso e consumo de suplemento intermediário. Já os tratamentos T800 e T1200 apresentaram os menores ganho de peso e consumo de suplemento.

Há fatores podem interferir no consumo voluntário de suplementos por bovinos. Alguns ingredientes da formulação podem causar aumento ou diminuição no consumo voluntário. A percepção de odor e sabor em ruminantes está ligada a mecanismos pré e pós ingestivos o que possivelmente afetou o consumo neste experimento.

Os dados obtidos neste experimento para consumo de suplemento concordam com a hipótese postulada por Baile et al. (1979) de que os ionóforos reduzem o consumo de alimentos, independente do tipo de dieta.

Franco (2007) utilizando um tratamento controle de mistura mineral e dois tratamentos com 1500 ppm de monensina observou que houve uma queda no consumo com os dois suplementos tratados durante o período o que segundo ele indica um possível condicionamento dos animais a uma redução gradual no consumo do suplemento causado pela monensina. Observando a frequência média de consumo dos animais em cada tratamento ele verificou que em média, cada animal do tratamento controle visitou o cocho em 70% dos dias enquanto os outros dois tratamentos resultaram em 57,5 e 50% das visitas, podendo indicar que a monensina reduziu a frequência de busca de suplemento mineral.

Porém, a resposta de bovinos mantidos em pastagem tropicais e, com o uso de ionóforos fornecidos via suplemento tem apresentado resultados variados. (PÖTTER et al., 1976; RESTLE et al., 1999; ROSO; RESTLE, 2001).

Bertipaglia (2009) nos meses de abril e maio e, no período de julho a setembro, não observou diferenças significativas entre os tratamentos: suplementação mineral- proteica e monensina.

Já Boling et al (1977) e Potter et al (1976) demonstram melhora no desempenho dos animais em pastejo recebendo monensina via suplementação energética ou proteica, porém o consumo de misturas minerais é severamente prejudicado na presença de ionóforos.

Conforme citado por Goulart (2010), Goodrich (1984) reuniu informações de 24 trabalhos com fornecimento de monensina sódica para 914 animais em pastagens e reportou aumentos significativos médios no ganho de peso de 82 gramas por animal dia (13,5%) para os tratamentos que receberam o ionóforo.

Segundo Kunkle et al. (2000), o ganho de peso adicional com uso de ionóforos observados em animais mantidos exclusivamente em pastagens é entre 70 a 110 gramas por animal por dia em relação à grupos controle, que não recebem o antimicrobiano.

3.3.4 Estimativa do Consumo Individual

Através dos dados do consumo individual estimados a partir do marcador sanguíneo sulfato de lítio, foi realizada a análise estatística de regressão e obteve-se a equação da reta $y = 0,386 - 0,003x$, com $R^2 = 0,83$ e significância $P < 0,001$.

A dispersão no consumo aumentou com a inclusão de monensina sendo assim maior no tratamento T₁₂₀₀ e a menor no tratamento sem a inclusão de monensina (Tabela 3). Esses dados mostram a variação de consumo dentro de cada grupo, onde alguns consumiam mais e outros menos. Frequentemente é difícil atingir o consumo pretendido do suplemento individualmente sobre condições de pastejo, muitos não consomem o mínimo para atingir suas exigência enquanto outros consomem acima do necessário e essa variação é de cada animal (DIXON, 2003).

Tabela 3. Consumo médio de suplemento proteinado por animal/dia estimado pela técnica do sulfato de lítio

Tratamento	Variáveis		
	Média	Coefficiente de Variação	Desvio Padrão
T0	0,424 a	18,23	0,077
T400	0,222 b	24,23	0,053
T800	0,092 c	21,69	0,020
T1200	0,045 c	52,25	0,023

Médias com letras diferentes na coluna indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos.

Gutierrez (1997) observou menor consumo de suplemento mineral acrescido de monensina sódica por novilhas Nelore, sendo este nível de 3000 ppm calculado no sal para a ingestão 200 mg. Houve grande variação de consumo entre os períodos de avaliação, possivelmente refletida no consumo diário ou mesmo entre os animais do rebanho.

Kahn (1994) avaliou o lítio como um marcador para estimar a ingestão de suplementos de ovinos em pastejo verificou em três estimativas grande variação do consumo individual dos animais dentro de dois grupos quando tratados com o suplemento de farelo de algodão em pellets revestidos com o marcador cloreto de lítio. Segundo o mesmo autor, quando o rebanho é considerado em termos estatísticos como

uma unidade experimental é difícil interpretar o efeito de um suplemento e a grande variação no consumo de suplemento pelo rebanho em pastagem mostra a importância de se estimar o consumo individual.

Dixon et al (2003) concluíram que os sais de lítio podem ser usados para medir o consumo individual de suplementos em um dia específico e também para medir o consumo a campo, embora esta última prática apresente menor precisão devido a diferenças nos horários de consumo de cada animal. O mesmo autor em outro trabalho (DIXON et al, 2003a) no mesmo ano utilizou o sulfato de lítio para caracterizar a ingestão de suplementos oferecidos aos animais de diferentes formas.

Utilizando a técnica do sulfato de lítio como marcador sanguíneo proposta e validada por Suharyono (1992) para estimar a ingestão de suplemento mineral com monensina sódica em bovinos, Franco (2007) também obteve bons resultados.

Através dos resultados encontrados, pode-se afirmar que através da técnica do marcador sanguíneo sulfato de lítio foi possível estimar o consumo individual de sal proteinado com adição de monensina sódica.

3.4 CONCLUSÃO

A inclusão de monensina sódica no suplemento proteinado nos níveis utilizados, reduziu o consumo de suplemento e diminuiu o desempenho dos animais.

REFERÊNCIAS

- ALBERTO, E. Efectos de la calidade de los forrajes y la suplementacion en el desempeño de ruminantes em pastoreo (com especial referencia a vacas lecheras). In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. **Anais...**Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. p.53-73.
- A.O.A.C. **Official methods of analythical chemistis**.Whashington, DC. 1980.
- ARMSTRONG, W.D.; A demanda mundial por proteína animale suas implicações para a industria de alimentos para animais.**Midwest Swine Nutrition Conference**.2009.
- BAILE, C.A.; McLAUGHLIN, C.L.; POTTER, E.L. et al. Feeding behavior changes of cattle during introduction of monensin with roughage or concentrate diets. **Journal of Animal Science**, v.48, n.6, p.1501-1508, 1979.
- BERTIPAGLIA, L.M.A. Suplementação proteica associada a monensina sódica e *Saccharomyces cerevisiae* na dieta de novilhas mantidas em pastagem de capim-Mandaru. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2008. 137p. **Tese** (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, 2008.
- BOLING, J.A., BRADLEY, N.W., CAMPBELL, L.D. 1977. Monensin levels for growing and finishing steers. **Journal of Animal Science**,44(5):867-871.
- CARDOSO, E.G. Formulação de rações para bovinos de leite e de corte. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 2. , Natal, **EMPARN**. p. 141 - 153, 1988.
- CAVALCANTE FILHO, L.F.M.; SANTOS. M.V.F.; FERREIRA, M.A. et al. Desempenho de novilhas em pastagem de *Brachiaria decumbens* após período de suplementação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 12.Brasília, p. 1.247-1.252, 2004.
- CAVALCANTE FILHO, L.F.M.; SANTOS. M.V.F.; FERREIRA, M.A. et al. Caracterização de pastagens de *Brachiaria decumbens* na Zona da Mata de Pernambuco. **Arquivo Brasileiro de Zootecnia**, v. 57, n. 220, p. 391-402, 2008.
- COOK, C.W. 1964. Collecting forage samples representative od ingested material of grazing animals for nutritional studies. **Jornal of Animal Science**. 23:265-270.

- DEL CURTO, T.; COCHRAN, R.C.; HAERMAN, D.L. et al. Supplementation of dormant tall grass-prairie forage: I. Influence of varying supplemental protein and (or) energy levels on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. **Journal of Animal Science**, v.68, n.2, p.515-531, 1990.
- DIXON, R.M.; SMITH, D.R.; REID, A. **Lithium salts as a marker of intake of supplements by cattle**. Australian Journal of Agricultural Research, 2003.
- DIXON, R.M.; WHRITE, A.; FRY, P.; PETHERICK, J.C. **Effects of supplement type and previous experience on variability in intake of supplements by heifers**. Australian Journal of Agricultural Research, 2003a.
- DUBEUX JR., J.C.B.; LIRA, M.A.; FREITAS, E.V. et al. Avaliação de Pastagem de *Brachiaria* na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 4, p. 659-666, 1997.
- EUCLIDES, V.P.B.; CARDOSO, E.G.; MACEDO, M.C.M. et al. Consumo voluntário de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p. 2200-2208, 2000.
- EUCLIDES, V.P.B.; ZIMMER, A.H.; OLIVEIRA, M.P. Evaluation of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria brizantha* under grazing. In: INTERNATIONAL GRA CONGRESS, 17., 1993, Rockhampton. Proceedings... Palmerston North: New Zealand Grassland Association, 1993. v.3, p.1997-1998.
- EUCLIDES, V.P.B.; EUCLIDES FILHO, K.; COSTA, F.P. et al. Desempenho de novilhos F1s angus-nelore em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.470-481, 2001.
- FNP – **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: ANUALPEC, 2001. 359p.
- FRANCO, F.M.J; **Consumo de monensina sódica via suplemento mineral por bovinos de corte em pastagens**. Dissertação de mestrado Esalq, 2007.
- GOMES JR. P. **Composição químico-bromatológica da *Brachiaria decumbens* e desenvolvimento de novilhos em recria suplementados durante a seca**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 51p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- GOMES JR. P., PAULINO, M.F.; DETMANN, E. et al. Avaliação qualitativa de três métodos de amostragem da dieta em pastagens de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*). In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38., 2001a, Piracicaba. **Anais...**Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba. p. 1135-1136.

- GOMES JR., P.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E. et. al. Composição químico-bromatológica da *Brachiaria decumbens* sob pastejo: proteína e carboidratos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38. 2001b, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia. p. 187-188, 2001b.
- GOODRICH, R.D.; GARRET, J.E.; GAST, D.R. **Influence of monensin on the performance of cattle.** Journal Animal Science, [S.l.], v. 58, p. 98-1484, 1984.
- GOULART, R.C.D. **Avaliação de antimicrobianos como promotores de crescimento via mistura mineral para bovinos de corte em pastejo.** 2010. 129 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
- GUTIERREZ, R.R.V. **Efeito da monensina sódica misturada ao sal mineral no desempenho produtivo de bovinos da raça nelore em pastagem de *Brachiaria decumbens*.** 1997. 34 p. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu, 1997.
- HINES, A. 2008. **Consumer trends in three different worlds.** The Futurist: July/August 2008.
- HODGSON, J. **Grazing Management.** Science into practice. New York: John Wiley e Sons, 1990. 203p.
- HODGSON, J.; CLARK, D.A.; MITCHELL, R.J. Foraging behavior in grazing animals and its impact on plant communities. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.). Forage quality, evaluation, and utilization. Madison: 1994. p.796-827.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Brasília, julho, 2008.
- KAHN, L.P. The use of lithium chloride for estimating supplement intake in grazing sheep: estimates of heritability and reatability. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.45, p.1731-1739, 1994.
- KUNKLE, W.E. et al. Designing supplementation programs for beef cattle fed forage based diets. **Proceedings of the American Society of Animal Science**, [S.l.], 2000.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JUNIOR, D.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization.** Madison: American Society of Agronomy, p.450-492, 1994.
- MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition.** San Diego: Academic Press, Inc., 1990. 483p.

- MOORE, P.B. The natural phosphate minerals: Crystal chemistry. Second international congress on phosphorous compounds proceedings, April 21-25, Boston 1980. Institute Mondial du Phosphate: p. 105-130, 1980.
- MOORE, J.E.; KUNKLE, W.E. **Balancing protein and energy in forages**. In: FLORIDA BEEF CATTLE SHORT COURSE, 1998, Gainesville. Proceedings... Gainesville: University of Florida, 1998. p.126.
- MOREIRA, F.B.; PADRO, I. N.; CECATO, U. et al. Níveis de suplementação com sal mineral proteinado para novilhos nelore em pastagem no período de baixa produção forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33. n.6, p.1814-1821, 2004.
- NUNES, J.C. **Produção de leite, consumo e comportamento animal em pastagem de Pennisetum sp. No período de seca**. Recife:Universidade Federal rural de Pernambuco, 2006. 51p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal rural de Pernambuco, 2006.
- OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H. Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadricula de São Carlos. Campinas: **Instituto Agrônomo de Campinas**, 1984. 188p.
- PÖTTER, E.L. C.O.; COOLEY, L.F.; RICHARDSON, A.P. et al.Effect of monensin on performance of cattle feed forage. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 43, p. 665-669, 1976.
- PÖTTER, L.; ROCHA, M.G.; SOUZA, A.N.M.; ROSO.; GLIENKE, C. et al.. Desenvolvimento de novilhas de corte sob alternativas de mineralização em pastagem de azevém.Revista **Ciência Rural**, [S.l.], v. 39. n. 1, p. 182-187, fev. 2009.
- RESTLE, J.; SOARES, A.B.; FERREIRA, M.V.B. Suplementação associada com lasalocida para novilhos em terminação em pastagem cultivada de inverno. **Revista. Ciência Rural**, [S.l.], v. 29, n. 3, p. 555-559, 1999.
- ROSO, C.; RESTLE. J. Lasalocida sódica suplementada via sal para fêmeas de corte mantidas em pastagem cultivada de estação fria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, p. 830- 834, 2001.
- SUHARYONO, J. **Estimation of dietary intake in sheep, using lithium as a marker**. 1992.92p. Dissertation (animal science).University of New England, armidale, N.S.W, 1992.
- SANTOS, E.D.G.; PAULINO, M.F; QUEIROZ, D.S. et al. Avaliação de pastagem

- diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf: 2. Disponibilidade de forragem e desempenho animal durante a seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.214-224, 2004.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**.: guide of personal computers. Version 9.0. Cary, 2002. 1 v.
- SILVA, F.F.; SÁ, J.F.; SCHIO, A.R. et al. Suplementação a pasto: disponibilidade x níveis de suplementação x desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V.38, p.371-389, 2009.
- THIAGO, L.R.L.S. “Suplementação de Bovinos em pastejo (aspectos práticos para seu uso na manutenção e ganho de peso)”, 1999. <http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/naoseriadas/suplementthiago> (14/04/2013).
- TILMAN, D.; CASSAMANN, K.G.; MATSON, P.A.; NAYLOR, R. and POLASKY, S. **Agricultural sustainability and intensive production practices**. Nature 418.6898:671-677, 2002.
- TRINDADE, J.K. **Modificações na estrutura do pasto e no comportamento ingestivo de bovinos durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotacionado**. 2007. 162p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Animal Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- ZANETTI, M.A.; RESENDE, J.M.L.; SCHALCH, F. et al. Desempenho de novilhos consumindo suplemento mineral proteinado convencional ou com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.935-939, 2000.

CAPÍTULO IV**4 EFEITO DA ADIÇÃO DE NÍVEIS CRESCENTES DE MONENSINA SÓDICA EM SUPLEMENTO PROTEICO PARA BOVINOS ALIMENTADOS COM FORRAGEM DE BAIXA QUALIDADE SOBRE A FERMENTAÇÃO E DEGRADABILIDADE RUMINAL****RESUMO**

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da inclusão altos níveis de monensina em suplementos proteico de baixo consumo para bovinos sobre a fermentação ruminal e degradabilidade ruminal. Foram utilizados quatro bovinos da raça nelore, canulados no rúmen, em experimento com delineamento quadrado latino 4x4 por 84 dias. Em cada período de 21 dias, 14 dias foram adaptação e sete dias de coleta de dados. Os animais foram arraçoados com dieta composta de feno de *Brachiaria decumbens* (à vontade), 500 g/cabeça/dia de suplemento proteinado de baixo consumo e monensina sódica conforme os tratamentos: 0, 200, 400 e 600 mg/dia. Amostras de líquido ruminal foram colidas antes (tempo zero) e três horas após a alimentação pela manhã. Os parâmetros ruminiais avaliados foram: produções de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC); concentração de nitrogênio amoniacal; pH; consumo de matéria seca; degradabilidade in situ da MS e FDA do feno de *B. decumbens*. Os valores encontrados para a fermentação ruminal (pH, N-NH₃ e AGCC) e degradabilidade da MS não foram afetados pelos tratamentos ($P>0,05$), porém o consumo de MS e a degradabilidade potencial da fração FDA diminuiram linearmente com o aumento da inclusão de monensina no suplemento ($P<0,05$).

Palavras-chave: ácidos graxos de cadeia curta, *Brachiaria decumbens*, degradabilidade, nitrogênio amoniacal.

EFFECTS OF INCREASING LEVELS OF MONENSIN ON PROTEIN SUPPLEMENT FOR CATTLE FED LOW-QUALITY FORAGE ON RUMINAL FERMENTATION AND DEGRADABILITY

ABSTRACT

The aim of this research was evaluated the effects of inclusion of high monensin levels in protein supplements for cattle on rumen fermentation and degradability. Four male cattle, with rumen cannula were utilized in a Latin Square assay design 4x4, during 84 days. In each period of 21 days, 14 days were adaptation and seven days of data collection. The animals were fed with *Brachiaria decumbens*, protein supplement of low consumption (500 g/animal/day) and monensina. The treatments were 0, 200, 400 and 600 mg of monensin/day. Ruminal samples were collected before (time zero) and three hours after feeding in the morning. The ruminal parameters evaluated were: production of short chain fatty acids (SCFA), ammonia concentration, pH, dry matter intake, in situ degradability of DM and ADF of *B. decumbens*. The values found for ruminal fermentation (pH, NH₃-N and SCFA) and degradability of DM were not affected by treatments ($P>0.05$), however, the DM consumption and the degradability of ADF decreased linearly with inclusion of monensin in the supplement ($P<0.05$).

Keywords: ammonia nitrogen, *Brachiaria decumbens*, degradability, short chain fatty acids.

4.1 INTRODUÇÃO

Os ruminantes possuem a capacidade para converter alimentos de baixa qualidade em proteína de alta qualidade. A fermentação anaeróbia do alimento principalmente de tipo fibroso é possível devido ao sinergismo existente entre a população microbiana, permitindo a degradação pela ação de complexos de enzimas, como a β 1-4 celulase, agindo sobre a parede celular das plantas. No entanto, a fermentação do alimento e conversão em carne e leite pode ser pouco eficiente devido a fatores associados a digestibilidade das forrageiras (VARGA & KOLVER, 1997).

O metabolismo no rúmen pode ser alterado de maneira direta ou indireta para melhorar a digestibilidade do alimento fornecido. A manipulação indireta está relacionada com as características do alimento, sendo assim que, o uso de suplementos como minerais, ou fontes de energia e nitrogênio aumentam a atividade metabólica dos microrganismos (McSWEENEY et al. 1999). A manipulação direta do rúmen relaciona-se com o uso de compostos biológicos ou químicos, que modificam a fermentação ao terem efeito sobre a microflora ruminal (DOMINGUEZ & ESCOBAR, 1997).

Ionóforos são uma classe desses compostos que obteve considerável sucesso como aditivos alimentares. O uso de ionóforos em animais não é recente. Seu início data da década de 70, com o objetivo de aumentar a eficiência de utilização de alimentos (GOODRICH et al., 1984; RUSSEL/ STROBEL, 1989).

A monensina é um ionóforo antibiótico que é utilizado com o objetivo de aumentar o desempenho dos animais pela melhora da eficiência energética, principalmente, em função do aumento da produção do ácido propiônico, da redução da relação acetato/propionato e diminuição da produção de metano, além da diminuição da produção de ácido lático e redução nas perdas de aminoácidos que seriam potencialmente fermentados no rúmen (McGUFFEY et al., 2001).

Porém, as respostas alcançadas com a utilização dos ionóforos são bastante variáveis, fenômeno que pode ser explicado, em parte, pelas diferentes condições experimentais (GALLOWAY et al., 1993; SPEARS, 1990).

Deste modo o presente trabalho teve como objetivo analisar os efeitos no rúmen de níveis elevados de monensina sódica em suplementos proteicos de baixo consumo. Para tanto foram analisados o pH ruminal, a produção de AGCC e N-NH₃ a degradabilidade e digestibilidade aparente total em bovinos alimentados com feno de baixa qualidade.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Local do Experimento

O estudo foi conduzido no setor de Animais Canulados no Campus administrativo de Pirassununga, estado de São Paulo, na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, localizado a latitude 21° 59" sul, longitude 47° 26' oeste e altitude de 634 m. O clima é subtropical do tipo Cwa (com inverno seco e verão quente e chuvoso) segundo a classificação climática de Koppen (OLIVEIRA E PRADO, 1984).

4.2.2 Animais e Instalações

Foram utilizados quatro bovinos da raça nelore, machos, castrados e com cânulas ruminais que foram colocados aleatoriamente em baias em delineamento de um quadrado latino 4x4, por 84 dias (10 de Janeiro à 20 de Março de 2012). A cada período de 21 dias, 14 dias eram de adaptação às dietas e sete dias para a coleta de dados.

Os animais foram mantidos em galpão de alvenaria, sendo a contenção feita por cabrestos e correntes, com cochos de cimento e bebedouros automáticos individuais, piso parcialmente emborrachado e ventiladores suspensos no teto, que eram ligados nas horas mais quentes do dia, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7. Animais canulados no galpão experimental.

4.2.3 Tratamentos

Foram arraçados com dieta composta de feno de *Brachiaria decumbens* (à vontade), suplemento proteinado de baixo consumo (500 g/cabeça/dia) e monensina sódica conforme os quatro tratamentos:

T₀: suplemento proteinado (LAMBISK M®, Bellman Nutrição Animal) - controle;

T₂₀₀: suplemento proteinado + 200 mg de monensina sódica (RUMEFORT®, Vallée);

T₄₀₀: suplemento proteinado + 400 mg de monensina sódica;

T₆₀₀: suplemento proteinado + 600 mg de monensina sódica.

Os níveis de garantia do suplemento proteinado utilizado nos tratamentos foram: Proteína bruta 400 g/kg, NNP 340 g/kg, Cobre 170 mg/kg, Manganês 130 mg/kg, Zinco 640 mg/kg, Iodo 12 mg/kg, Cobalto 10 mg/kg, Selênio 3 mg/kg, Flúor 200 mg/kg, Cálcio 80 g/kg, Fósforo 12 g/kg, Magnésio 2 g/kg, Enxofre 15 g/kg e Sódio 35 g/kg.

Diariamente as 6:00horas, os suplementos eram ministrados via fistula dos animais e o consumo diário de matéria seca de feno era determinado pela diferença entre a quantidade de feno oferecido e a quantidade de sobras em 24 horas. Amostras do feno ofertado foram colhidas e no final de cada período foi realizada uma amostra composta, para posterior utilização na análise químico-bromatológica (Tabela 4).

Tabela 4. Média (% da MS) da composição químico bromatológica do feno de *Brachiaria decumbens*, em teor de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), material mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT).

% na MS				
PB	EE	MM	FDN	NDT
7,68 ± 0,99	0,78 ± 0,10	7,33 ± 1,47	74,36 ± 0,71	56,78 ± 1,15

^{1/} Valor correspondente ao desvio padrão da media

4.2.4 Coleta de Dados e Análises

4.2.4.1 Parâmetros de Fermentação Ruminal

Passando o período de adaptação de 14 dias de cada período experimental, foram coletadas amostras de líquido ruminal em três pontos diferentes do rúmen (aproximadamente 300 ml), com utilização de bomba de vácuo e captado em *kitassato* em dois tempos, antes (tempo zero) e três horas após a alimentação pela manhã, respectivamente 6:00 e 9:00 a.m. O líquido ruminal foi colhido durante sete dias para avaliação dos parâmetros de fermentação ruminal como pH, nitrogênio amoniacal e ácidos graxos de cadeia curta.

pH

Os valores de pH ruminal foram determinados logo após a coleta das amostras de líquido ruminal através de pHmetro de mesa calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e pH 7,0.

Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC)

Os fluidos colhidos foram filtrados em tecido de gaze duplo. Uma alíquota de 2 mL do fluido filtrado foi coletado e acondicionado em frasco de vidro e adicionado 0,4 mL de ácido fórmico P.A., arrolhado, identificado e armazenado em congelador as -20°C para posterior análise de ácidos graxos voláteis segundo o método adaptado de Erwin et al. (1961), utilizando cromatografia gasosa.

No Laboratório de Fermentabilidade Ruminal (LFR) da FZEA, as amostras foram descongeladas a temperatura ambiente e centrifugadas a 3.500 rpm por 15 minutos.

Nitrogênio Amoniacal (N-NH₃)

Para determinação do N-NH₃, as amostras de líquido ruminal foram filtradas em tecido de gaze duplo. Do mesmo fluido, 4 mL foram coletados e armazenados em frascos de vidros contendo 2 mL de ácido sulfídrico a 1 N, arrolhado, identificado e armazenado em congelador as -20°C para posterior determinação de

nitrogênio amoniacal realizado no Laboratório de Metabolismo Ruminal (LabRúmen) da FZEA por colorimetria, pelo método de Weatherburn (1967).

As amostras foram descongeladas a temperatura ambiente e para a desproteinização, foi adicionado 1mL de tungstato de sódio 10% aos tubos contendo amostra fixada, centrifugando a 3.000 rpm por 15 minutos. Após, 25 microlitros dos sobrenadantes foram colocados em tubos de ensaio, e acrescentava-se de 5 ml de reagente fenol (50 mg de nitroprussiato de sódio e 10 g de cristais de fenol diluídos em 1L de água destilada) e 5 mL de reagente hipoclorito de sódio (10 g de hidróxido de sódio, 21,3 g de fosfato de sódio dibásico anidro e 25 mL de solução de hipoclorito de sódio 5% diluídos em 1 litro de água destilada). Os tubos foram arrolhados, agitados, e mantidos em banho-maria a 37° C por 15 minutos. Foram feitas as leituras de absorbância através do espectrofotômetro regulada em 630 nm, cujo valores foram utilizados para calcular as concentrações de nitrogênio amoniacal em mg/100 mL de líquido ruminal, através de equação de regressão linear obtida a partir de uma curva de calibração do aparelho com diferentes concentrações de solução padrão. Admitiu-se um R² mínimo de 0,99 para esta curva. O aparelho foi zerado com um branco contendo soluções de tungstato e sódio 10%, solução de H₂SO₄ 1 N e água destilada, diluídos em reagente fenol e hipoclorito nas proporções para análise.

4.2.4.2 Degradabilidade Ruminal

Também foram incubados sacos de náilon da marca Ankon (Ankon Technology) no rúmen de cada animal para determinar a degradabilidade da matéria seca e da fibra em detergente ácido. A degradabilidade ruminal *in situ* foi realizada utilizando a técnica de acordo com Ørskov e Mc Donald (1979).

Os sacos de náilon foram pesados individualmente e adicionadas amostras da dieta com aproximadamente 5 e 6 gramas (0,05 g e 0,06 g de amostra de amostra por cm² do saco de náilon) secas a 65° C por 72 horas e moídas em moinho com peneiras de orifício de 2mm. Os sacos de náilon foram fechados com elásticos de látex e acondicionados dentro de um saco rede e incubados no rúmen de cada animal

Os períodos de incubação foram de 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas. Após a retirada dos sacos de náilon do rúmen, estes foram lavados em água corrente com balde, até que a água se apresentasse clara. Então foram secos em estufa a 65° C por 72 horas.

No tempo zero, ou seja, antes da alimentação, os sacos de náilon foram mergulhados em água aquecida a 39° C por 15 minutos conforme a técnica descrita por Cummins et al. (1983).

Após a secagem, os sacos foram pesados e as amostras armazenadas em sacos plásticos identificados para posterior análise de fibra em detergente ácido. As análises foram realizadas em duplicata em aparelho analisador de fibra Ankon Laboratório de Bromatologia da FZEA, segundo a técnica descrita Mertens, 2002.

O percentual de degradabilidade das variáveis foram obtidos da seguinte maneira:

a) Porcentagem de desaparecimento da matéria seca (%DMS) do feno incubado no rúmen.

$$DMS\% = (1 - (SPI - SV)/(SAI - SV)) \times 100$$

Onde: DMS% = percentual de degradabilidade da MS; SPI = peso do saco após a incubação ruminal; SAI = peso do saco antes da incubação ruminal; SV = peso do saco vazio

b) Porcentagem de desaparecimento da fibra em detergente ácido (%DFDA) do feno incubado no rúmen.

$$AFDA = (PA \times \%FDA \text{ amostra})/100$$

$$AFDAi = (PA \times \%FDA \text{ amostra pós- incubação})/100$$

$$DFDA\% = (AFDA - AFDAi)/AFDA \times 100$$

Onde: DFA% = potencial de degradabilidade da FDA; AFDA = g de FDA amostra AFDAi = g de FDA amostra pós- incubação.

O cálculo do percentual de degradabilidade de cada nutriente foi calculado através da fórmula acima, sendo as diferenças (SPI – CV) e (SAI – SV) multiplicadas pelas respectivas porcentagens de cada nutriente.

Os dados de degradabilidade foram ajustados pelo modelo de Ørskov e McDonald (1979), conforme a equação:

$$p = a + b(1 - e^{-ct})$$

Onde p = é a quantidade degradada no tempo “t”; a = é a interseção da curva no tempo zero, a fração rapidamente solúvel; b = é a fração potencialmente degradável, a fração degradada no tempo; c = é a taxa horária de degradação da fração potencialmente degradável; e = o log natural de “-ct”; t = tempo.

A degradabilidade efetiva foi obtida conforme equação definida pelos mesmos pesquisadores, considerando-se a taxa de passagem do conteúdo ruminal de $K_e=0,02$ e $0,05/\text{hora}$: $p = a + bc/c + k$.

4.2.5 Análise Estatística

O experimento foi conduzido num delineamento experimental em Quadrado Latino 4x4 .Os dados foram submetidos a análise de variância ao nível de significância a 5%. As análises foram efetuadas utilizando-se o procedimento GLM do programa estatístico SAS (SAS 2002).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Consumo de Matéria Seca

Os resultados médios da avaliação de consumo de matéria seca podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5. Consumo de matéria seca do feno de *Brachiaria decumbens* em bovinos recebendo suplemento proteico com níveis de monensina

Variáveis	Tratamentos				EPM	Prob.
	T0	T200	T400	T600		
CMS	7,85	7,31	6,69	6,05	0,27	0,02
CMS/PV	1,90	1,76	1,60	1,45	0,07	0,01
CMS/PV^{0,75}	85,72	79,36	72,36	65,51	2,99	0,01

CMS: consumo de matéria seca (Kg/animal/dia); CMS/PV: consumo de matéria seca em função do peso vivo (%); CMS/PV^{0,75}: consumo de matéria seca em gramas por kg de peso vivo metabólico (g/kg de PV^{0,75}); EPM: erro padrão da média; Prob.: probabilidade estatística.

De forma geral, o consumo de matéria seca, que foi em média 1,68% do peso vivo, independente do tratamento, apresentou-se dentro do esperado, considerando-se a baixa qualidade da forragem (Tabela 4) e o alto peso dos animais, uma vez que é frequente observar baixo consumo de MS em função do peso vivo em animais mais pesados.

Houve resposta linear negativa para o consumo de MS em função do aumento nos níveis de inclusão de monensina no suplemento proteico, fossem os dados expressos em quilos/animal/dia, em porcentagem do peso vivo ou em g/kg de peso metabólico/dia. As equações obtidas são: $CMS = 7,8757 - 0,0015x$; $CMS/PV: 1,95055 - 0,0004x$ e $CMS/PV^{0,75}: 85,882 - 0,0169x$.

Estes resultados concordam com a hipótese postulada por Baile et al. (1979) de que os ionóforos reduzem o consumo de alimentos, independentemente do tipo da dieta, mas não permitem confirmar a inferência de Schelling (1984) de que os ionóforos deprimem o consumo voluntário de alimentos quando os animais são alimentados com dietas predominantemente concentradas, mas podem incrementar o consumo em condições de dietas predominantemente volumosas. Em extensa revisão sobre o assunto, Goodrich et al. (1984), observaram que a média na queda do consumo causada pela monensina era na ordem de 6,4%.

Os resultados deste experimento concordam com muitos outros que também observaram efeitos dos ionóforos sobre o consumo de alimentos nas mais diversas condições. Restle et al. (2001) e Maas et al. (2001), que trabalharam com novilhas e vacas de corte mantidas em regime de confinamento e carneiros alimentados com capim fresco colhido na primavera e no outono, respectivamente, também verificaram diminuições no CMS acarretadas pela inclusão de monensina. Diminuições no CMS também foram relatadas por Abe et al (1994), ao ministrarem monensina em capsula de liberação controlada a vacas leiteiras. Rodrigues et al. (2001) ao utilizarem monensina em ovinos alimentados com diferentes proporções volumoso: concentrado não observaram diferenças estatísticas causadas pela monensina em relação ao CMS na dieta predominantemente concentrada ou volumosa, mas diminuiu bastante (36,7%) o consumo na dieta mista.

Todavia, outros pesquisadores (CALLARDO et al. 2005; GRENN et al. 1999; PLAZIER et al. 2000 e RUIZ et al 2001), não observaram efeitos da monensina sobre o CMS em diversas condições.

4.3.2 Parâmetros de Fermentação Ruminal

4.3.2.1 pH

Os valores médios do pH do fluido ruminal encontram-se na Tabela 6. Não foram observados efeitos significativos ($P>0,05$) no pH ruminal entre os tratamentos. Porém houve diferença significativa ($P<0,05$) entre os tempos de coleta.

Ruiz et al. (2001), trabalhando com vacas leiteiras alimentadas com forragem fresca e suplementadas com monensina também não observaram efeitos sobre o pH ruminal. Outros autores como Borges (2006), Fredricson et al. (1993), Mass et al. (2001), Nussio et al. (2003), Osborne et al. (2004) e Yang e Russel (1993), também não relataram efeitos significativos. Porém estes resultados contradizem autores como Green et al. (1999), Lana e Russel (1997) e Suber Bownma (1998).

Tabela 6. pH do fluído ruminal de bovinos recebendo feno de *Brachiaria decumbens* e suplemento proteinado com níveis de monensina

Hora	Tratamentos				Média
	T0	T200	T400	T600	
pH 0 hr	6,82 ± 0,03	6,92 ± 0,03	6,87 ± 0,03	6,85 ± 0,03	6,86 ± 0,02 a
pH 3 hr	7,05 ± 0,03	7,06 ± 0,03	7,01 ± 0,03	7,02 ± 0,03	7,03 ± 0,02 b
Média	6,93 ± 0,02	6,99 ± 0,02	6,94 ± 0,02	6,94 ± 0,02	

No presente trabalho, evidenciou-se que os valores de pH do fluido ruminal estiveram dentro do esperado para dietas ricas em volumosos, variando entre 6,82 e 7,04, mantendo-se assim dentro da faixa considerada adequada para o máximo crescimento microbiano e máxima digestão ruminal de fibras, que, segundo Coelho da Silva & Leão (1979), Orskov (1988), Cecava et al. (1990) e Hoover & Stokes (1991), está entre 5,5 e 7,0, estando a faixa ideal de pH para a digestão da fibra situada entre 6,7 e 7,1.

Segundo Oliveira et. al. (2005), o pH do fluido ruminal é influenciado pelo tipo de alimentação consumida e a sua estabilização é devida em grande parte a saliva, que possui alto poder tamponante. Por isso, animais alimentados com elevada proporção de volumosos normalmente apresentam pH ruminal sempre próximos à neutralidade, graças ao estímulo de produção de saliva, durante os processos de ingestão e regurgitação dos alimentos. Nestes casos, os efeitos da monensina sobre o pH são poucos expressivos.

De acordo com Allen & Mertens (1988), valores próximos a pH neutro melhoram a capacidade de adesão das bactérias à fibra.

Garrett et al. (1989) e Ivan et al. (1992), trabalhando com novilhos de origem leiteira e carneiros faunados e defaunados, respectivamente também constataram elevações do pH ruminal após a administração de monensina. Oliveira et. al. (2005) avaliando a influência da monensina sob a fermentação ruminal de bovinos alimentados com dieta constituída por 65% de feno e concentrado com baixo e alto teor proteico, observaram aumento significativo do pH ruminal nos animais alimentados com baixo teor proteico, enquanto, nos animais alimentados com dietas contendo alto teor proteico, o aumento médio no pH não foi estatisticamente significativo.

Analogamente, Davenport et al. (1989), Ward et al. (1990), Fredrickson et al. (1993) e Andrae et al. (1995), não observaram alterações significativas no pH ruminal de novilhos fistulados no rúmen em condições de pastejo.

4.3.2.2 Nitrogênio amoniacal (N-NH₃)

Na Tabela 7, encontram-se os valores médios das concentrações ruminais de N-NH₃, expressos em mg/100 mL, nos diferentes tempos de amostragens e nos tratamentos avaliados.

Tabela 7. Concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) do fluído ruminal de bovinos recebendo feno de *Brachiaria decumbens* e suplemento proteinado com níveis de monensina

Variáveis	Tratamentos				
	T0	T200	T400	T600	Média
N-NH₃ 0 hr	15,14 ± 4,73	12,66 ± 4,73	15,92 ± 4,73	12,42 ± 4,73	14,03 ± 2,36
N-NH₃ 3 hr	12,05 ± 4,26	9,93 ± 4,26	14,7 ± 4,26	13,12 ± 4,26	12,45 ± 2,13
Média	13,59 ± 4,35	11,29 ± 4,35	15,31 ± 4,35	12,77 ± 4,35	

Não foram observadas diferenças significativas (P>0,05) ao avaliar os níveis de N-NH₃ entre os tratamentos, na interação ou em cada tempo de coleta. De modo semelhante, outros autores também não obtiveram alterações significativas da monensina sobre a concentração de N-NH₃, como Rivera et al. (2010), trabalhando bovinos alimentados com feno e concentrado com monensina. Ramazin et al. (1997), trabalhando com vacas leiteiras recebendo dietas com 30 e 50% de concentrados. Garcia Lopez, Kung e Odom (1996), utilizando meio de cultura contendo dietas com 0%, 50%

ou 90% de concentrada, e Lana et al. (1997), utilizando dietas com 0, 50 ou 100% de alfafa. Estes dois últimos não observaram efeitos da monensina nas duas primeiras dietas, apenas na última em qual houve aumento do N-NH_3 .

Diferentemente, Rodrigues et al. (2004) utilizando diferentes doses de monensina e diferentes proporções concentrado/volumoso, observaram queda nos valores de N-NH_3 independentemente dos níveis de monensina ou fibra na dieta. Ruiz et al (2001) em estudo com bovinos alimentados com altas quantidade de volumoso, mostraram que os ionóforos diminuíram efetivamente a concentração de amônia no fluido ruminal.

Bergen e Bates (1984) citam que é comum observar efeitos da monensina em diminuir concentrações de N-NH_3 . Esta queda é causada pela atuação sobre as bactérias gram-positivas, já que estas bactérias possuem alta especificidade para a produção de amônia, ao contrário das bactérias gram-negativas, que são resistentes á monensina. Segundo Wohlt et al. (1996), existem ainda outros fatores que podem influenciar as concentrações de N-NH_3 , são elas: local de amostragem no rúmen, tempo decorrido após alimentação, período de estocagem da amostra, conservante ácido utilizado, método de determinação e tipo da dieta.

Rivera et al. (2010) encontraram teor de N-NH_3 no líquido ruminal de bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85 e concentrado com monensina de 6,61 mg/dL. Esse valor é muito abaixo aos observados no presente trabalho (Tabela 7). Segundo Satter & Slyter (1974), 5 mg/100 mL corresponde a concentração mínima para suprir as necessidades para o crescimento da população microbiana. Entretanto, de acordo com Van Soest (1994), teores de N-NH_3 inferiores a 13 mg/100 mL no rúmen podem afetar a disponibilidade de nitrogênio para os microrganismos, comprometendo a ingestão e digestibilidade da fibra.

4.3.2.3 Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC)

Os valores das concentração total dos AGCC e a proporção molar dos ácidos acético, propiônico, butírico, isobutírico, valérico e isovalérico e as proporções acético: propiônico, nos dois tempos de coletas, encontra-se na Tabela 8. Não foram constatados efeitos significativos ($P>0,05$), para nenhum dos parâmetros avaliados.

Tabela 8. Concentrações total e proporção molar de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no fluido ruminal no dois tempos de amostragens (zero e três horas após alimentação) em bovinos recebendo dietas de feno de *Brachiaria decumbens* e suplemento proteico com diferentes níveis de monensina.

Parâmetro	Tempo	Tratamentos				Média
		T0	T200	T400	T600	
AGCC	0	147,06 ± 8,31	143,82 ± 8,31	143,85 ± 8,31	136,46 ± 8,31	142,80 ± 4,15
	3	138,28 ± 7,19	125,80 ± 7,19	135,58 ± 7,19	147,02 ± 7,19	136,67 ± 4,87
	Média	142,67 ± 5,49	134,81 ± 5,49	139,71 ± 5,49	141,74 ± 5,49	
C2	0	76,28 ± 0,71	75,36 ± 0,71	76,47 ± 0,71	74,26 ± 0,71	75,59 ± 0,35
	3	76,43 ± 0,61	74,73 ± 0,61	76,79 ± 0,61	75,13 ± 0,61	75,77 ± 0,42
	Média	76,35 ± 0,47	75,04 ± 0,47	76,63 ± 0,47	74,69 ± 0,47	
C3	0	15,35 ± 0,64	16,03 ± 0,64	15,65 ± 0,64	17,05 ± 0,64	16,02 ± 0,37
	3	15,33 ± 0,55	16,54 ± 0,55	15,12 ± 0,55	15,93 ± 0,55	15,73 ± 0,32
	Média	15,34 ± 0,42	16,28 ± 0,42	15,38 ± 0,42	16,49 ± 0,42	
C4	0	5,38 ± 0,36	5,27 ± 0,36	4,50 ± 0,36	5,30 ± 0,36	5,11 ± 0,18
	3	5,09 ± 0,31	5,23 ± 0,31	5,20 ± 0,31	5,22 ± 0,31	5,18 ± 0,21
	Média	5,24 ± 0,24	5,25 ± 0,24	4,85 ± 0,24	5,26 ± 0,24	
IC4	0	0,83 ± 0,09	1,01 ± 0,09	1,03 ± 0,09	1,01 ± 0,09	0,97 ± 1,04
	3	0,99 ± 0,07	1,09 ± 0,07	0,94 ± 0,07	1,13 ± 0,07	1,04 ± 0,05
	Média	0,91 ± 0,06	1,05 ± 0,06	0,99 ± 0,06	1,07 ± 0,06	
C5	0	0,82 ± 0,09	0,64 ± 0,09	0,73 ± 0,09	0,59 ± 0,09	0,69 ± 0,04
	3	0,71 ± 0,08	0,66 ± 0,08	0,73 ± 0,08	0,53 ± 0,08	0,65 ± 0,65
	Média	0,76 ± 0,06	0,65 ± 0,06	0,73 ± 0,06	0,55 ± 0,06	
IC5	0	1,35 ± 0,21	1,69 ± 0,21	1,62 ± 0,21	1,79 ± 0,21	1,61 ± 0,11
	3	1,45 ± 0,18	1,7 5± 0,18	1,23 ± 0,18	2,08 ± 0,18	1,63 ± 0,12
	Média	1,40 ± 0,14	1,72 ± 0,14	1,42 ± 0,14	1,93 ± 0,14	
C2:C3	0	4,98 ± 0,24	4,74 ± 0,24	4,92 ± 0,24	4,36 ± 0,24	4,75 ± 0,14
	3	5,03 ± 0,21	4,53 ± 0,21	5,09 ± 0,21	4,72 ± 0,21	4,84 ± 0,14
	Média	5,00 ± 0,16	4,63 ± 0,16	5,00 ± 0,16	4,53 ± 0,16	

AGCC: ácidos graxos de cadeia curta (mmol); C₂: ácido acético (% molar); C₃: ácido propiônico (% molar); C₄: ácido butírico (% molar); IC₄: ácido isobutírico (% molar); C₅: ácido valérico(% molar); IC₅: ácido isovalérico(% molar); C₂:C₃ relação acetato:propionato

Do mesmo modo que este trabalho, Rodrigues et al. (2004) também não observaram nenhum efeito na concentração total dos AGCC, quando estudaram os efeitos do nível de monensina sobre a fermentação ruminal em bovinos. Han et al. (2002) também não constataram mudanças na concentração total de AGCC em bovinos suplementados com monensina mais tilosina. Bateman et al. (2004), ao suplementar vacas não lactantes com monensina e/ou zinco, não observaram diferenças na produção total de AGCC.

Os AGCC, predominantemente nas formas acético, propiônico e butírico, fornecem a maior parte da energia absorvida pelos ruminantes, estimada em 50-70% da energia digestível total (SUTTON, 1980).

O padrão de AGCC como resultado da adição de monensina tem sido bem documentado na literatura em várias espécies de ruminantes. Vários fatores podem alterar os efeitos dos ionóforos sobre os AGCC, tais como: nível de fibra, energia, proteína, período de adaptação, momento de coleta, espécie animal e outros. Na maioria das vezes ocorre aumento da concentração de ácido propiônico e diminuição das concentrações dos ácidos acético e butírico (GRENN et al., 1999), embora proporcionem menor efeito sobre a produção de AGCC (CHALUPA, 1977).

O efeito da monensina em aumentar a proporção molar de ácido propiônico e diminuir a de ácido acético, comumente observado na literatura, foi explicado por Bergen e Bates (1984), tendo como causa a presença da enzima fumarato redutase nas bactérias ruminais produtoras de ácido propiônico, proporcionando resistência dessas bactérias à presença da monensina. Já Russel e Strobel (1989), condicionaram esta resistência à presença de uma membrana externa nas bactérias Gram-negativas, agindo como barreira protetora ao acesso dos ionóforos e outras macromoléculas à membrana celular. Entretanto, estes modelos de resistência podem ter exceções, pois, de acordo com Callaway e Russel (1999) algumas espécies de bactérias Gram-negativas precisam de um período de adaptação para poderem se desenvolver na presença do ionóforo. Além disso, algumas espécies Gram-positivas podem ser tão resistentes quanto as Gram negativas (CALLAWAY; RUSSEL, 2000). Um exemplo é a espécie *Clostridium aminophilum*, uma bactéria produtora de amônia e contribuinte na degradação de aminoácidos no rúmen, que, em estudos *in vitro*, foi inibida pela monensina (CHEN; RUSSEL, 1989). Já *in vivo* não pode ser eliminada do rúmen ao se utilizar o mesmo produto (KRAUSE; RUSSEL, 1996).

Richardson et al., 1976, em estudo *in vitro*, ao utilizarem inóculo de animais alimentados com dietas predominantemente concentrada notou que diferentes concentrações de monensina diminuíram a produção de acetato, butirato, valerato e isovalerato e aumentaram propionato. E ao utilizar inóculo de animais alimentados com dietas predominantemente volumosa observaram que só houve efeitos na produção dos gases com o uso de concentrações mais elevadas de monensina. Ruiz et al. (2001) observaram alterações similares no que diz respeito aos AGCC, quando utilizou a dose de 350 mg/ dia de monensina em vacas lactantes.

Van Maanen et al. (1978), ao estudarem os efeitos da adição da monensina na dieta de novilhos recebendo proporções de volumoso de 20% e 70%, observaram que este aditivo aumentou as reservas ruminais e taxa de produção de propionato em 79,1% e 62,84%, respectivamente, diminuiu a proporção molar de butirato em 14,53%, para ambas as dietas, mas não alterou a proporção molar de propionato ou acetato.

No presente experimento não foi constatado efeito significativo ($P>0,05$) na proporção molar dos gases avaliados, porém diversos autores obtiveram resultados semelhantes.

Fredrickson et al. (1993), ao administrarem *bolus* de liberação lenta de monensina a novilhos em regime de pastejo, Green et al. (1999), ao utilizarem o mesmo dispositivo em vacas leiteiras primíparas e múltiparas recém-paridas, e Baile et al. (1979), ao analisar o efeito da monensina em dietas predominantemente volumosa (92% de volumoso) ou concentrada (85% de concentrado), não observaram qualquer efeito significativo desse ionóforo sobre a produção molar de AGCC.

Autores como Coe et al. (1999) e Ives et al. (2002) também não observaram diferenças nas proporções molares de AGCC ao utilizarem a monensina mais tilosina ou a virgiaminicina, em dietas basicamente concentradas em novilhas.

4.3.3 Parâmetros de Degradabilidade *in situ*

Os parâmetros biológicos e matemáticos utilizados para ajustar o modelo de Ørskov & McDonald (1979) para a degradação *in situ* da MS e da FDA do feno de *B. decumbens* incubado em novilhos alimentados pelo mesmo feno e suplemento proteico com vários níveis de monensina são apresentados nas Tabelas 9 e 10.

Nenhum dos tratamentos testados alterou os parâmetros de degradabilidade ruminal *in situ* da MS ($P>0,05$). Porém diferenças significativas foram observadas para os parâmetros c, B e DP da fração FDA.

No presente experimento, a taxa fracional de degradação (c) variou de 0,05 a $0,08 \text{ h}^{-1}$ para MS. Bueno et. al. (2010), analisando feno de *Brachiaria decumbens* encontraram valor inferior para fração MS ($0,014 \text{ h}^{-1}$). Assim como Sampaio (1990), Bueno (1998), Korndörfer (1999), Machado et al. (2001) e Cabral Filho (2007), que estimaram valores para forrageiras tropicais variando de 0,02 a $0,05 \text{ h}^{-1}$.

Tabela 9. Médias dos parâmetros do modelo de Ørskov & McDonald (1979) para a degradação *in situ* da matéria seca (MS) do feno de *Brachiaria decumbens*, incubado em bovinos alimentados pelo mesmo tipo de feno e sal proteinado contendo níveis de monensina

Parâmetros	Tratamentos				EPM	Prob.
	T0	T200	T400	T600		
matemáticos						
<i>a</i>	1,92	13,83	18,74	5,19	7,58	NS
<i>b</i>	62,16	48,71	40,99	52,88	6,19	NS
biológicos						
<i>A</i>	19,06	18,46	18,70	18,92	0,45	NS
<i>B</i>	45,02	44,08	41,03	39,16	2,22	NS
<i>DP</i>	64,08	62,54	59,73	58,07	2,21	NS
<i>c</i>	0,06	0,05	0,06	0,08	0,02	NS
<i>DE</i> (<i>ke</i> = 0,02 h ⁻¹)	48,35	49,06	48,90	46,91	1,54	NS
<i>DE</i> (<i>ke</i> = 0,05 h ⁻¹)	36,77	38,99	40,56	36,98	2,14	NS

a e b: constantes do modelo; A: fração imediatamente solúvel (%); B: fração insolúvel potencialmente fermentável (%); DP = A+B: degradabilidade potencial (%); c: taxa de degradação da fração B; DE: degradabilidade efetiva; ke: taxa de escape do rúmen; EPM: erro padrão da diferença entre as médias (%); Prob.: probabilidades estatísticas; NS: não significativo.

Tabela 10. Médias dos parâmetros do modelo de Ørskov & McDonald (1979) para a degradação *in situ* da fibra em detergente ácido do feno (FDA) de *Brachiaria decumbens*, incubado em bovinos alimentados pelo mesmo tipo de feno e sal proteinado contendo níveis de monensina.

Parâmetros	Tratamentos				EPM	Prob.
	T0	T200	T400	T600		
matemáticos						
<i>a</i>	9,67	-8,01	9,11	-13,82	9,78	NS
<i>b</i>	54,32	65,73	47,12	65,93	10,06	NS
biológicos						
<i>A</i>	11,73	8,23	12,70	13,85	2,54	NS
<i>B</i>	52,26	49,48	43,53	38,26	2,52	0,03
<i>DP</i>	63,99	57,72	56,23	52,10	1,70	0,01
<i>c</i>	0,04	0,07	0,07	0,10	0,01	0,05
<i>DE</i> (<i>ke</i> = 0,02 h ⁻¹)	45,24	42,43	43,30	40,17	1,42	NS
<i>DE</i> (<i>ke</i> = 0,05 h ⁻¹)	33,31	29,90	33,84	28,72	2,75	NS

a e b: constantes do modelo; A: fração imediatamente solúvel (%); B: fração insolúvel potencialmente fermentável (%); DP = A+B: degradabilidade potencial (%); c: taxa de degradação da fração B; DE: degradabilidade efetiva; ke: taxa de escape do rúmen; EPM: erro padrão da diferença entre as médias (%); Prob.: probabilidades estatísticas; NS: não significativo.

Já a taxa fracional de degradação “c” da fração FDA, variou de 0,04 a 0,010, sendo o maior valor observado no tratamento T₆₀₀ e menor no T₀. Os tratamentos T₄₀₀ e T₈₀₀ apresentaram valores intermediários. Avaliando a degradabilidade ruminal de feno de *B. decumbens*, Carvalho et. al (2006) relataram valores de 0,045 para o coeficiente “c”.

O modelo de Ørskov & McDonald (1979) está representado por uma equação exponencial de primeira ordem, $p = a + b(1 - e^{-c \times t})$. O grau de curvatura dos perfis gerados por ela é dado por c. Quando a taxa de degradação, c, tende para zero, a equação é próximo de uma linha. Isso faz com que uma superestimação da degradabilidade potencial (A + B), o que pode produzir valores irrealistas como degradabilidade mais elevados do que 1000 g / kg (BUENO et al. 2010).

Os valores médios da degradabilidade efetiva da MS com ke de 0,02 e 0,05 h⁻¹ foram, respectivamente, 48,3 e 38,3%. Bueno et al. (2010) estimaram valores da degradabilidade efetiva (com ke= 0,02 h⁻¹) de feno de *B. decumbens* de 38,9%. Já Korndörfer (1999), encontrou valores de 53,7 e 54,2% respectivamente para fenos de braquiária com 28 e 56 dias de crescimento.

Carvalho et al., 2006 estimaram valores de 76,1% para DP da fração FDA de feno de *B. decumbens* com MS de 89,3%, PB de 13,05%, FDN de 67,8% e FDA de 32,0%

Os valores DP da fração FDA diminuíram conforme os níveis de inclusão de monensina nos tratamentos. Outros autores como Lemenager et al., 1978; Bogaert et al., 1991; Haimoud et al., 1995 e Rodrigues et al., 2007, também demonstraram diminuição do desaparecimento da fibra no rúmen com o uso de ionóforos. Segundo Branine & Galyean (1990), os efeitos dos ionóforos sobre a degradabilidade da fibra no rúmen poderiam ser explicados pelo efeito destes compostos sobre o pH ruminal. Assim como Rodrigues et al., 2007 que avaliou os efeitos da monensina em bovinos alimentados com forragens de baixo valor nutritivo e suplementados ou não com uréia, o decréscimo na degradação da fibra nesse experimento não foi seguido de alteração no pH ruminal.

Esses achados encorajam Bogaert, Gomez e Jounay (1991) a sugerir que a diminuição da degradação da fibra, observada em experimentos *in vitro*, poderia advir de uma alteração na composição microbiana populacional decorrente de altas doses de ionóforos utilizadas nestes experimentos. Segundo Chen e Wolin (1979), algumas bactérias celulolíticas são moderadamente sensíveis à monensina e/ou lasalocida e que

pode haver, ainda, rápida seleção de microrganismos ruminais resistentes à utilização desses compostos, justificando não somente a diminuição da digestão da fibra, como também o efeito adaptativo.

Faulkner et al. (1985) que, ao alimentarem bovinos adaptados à monensina e recebendo uma dieta rica em fibras, observaram uma resposta quadrática para a digestibilidade da matéria orgânica e FDN, com melhores resultados para as dosagens intermediárias de monensina (100 mg/animal/dia) em relação a altos níveis (200 mg/animal/dia) ou controle (0 mg/animal/dia), concluindo que a dose de 200 mg/animal/dia é bastante alta para animais submetidos a dietas ricas em fibras.

4.4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que:

A inclusão de monensina sódica em suplemento proteico, nos níveis utilizados reduziu linearmente o consumo de matéria seca e a degradabilidade potencial da fração FDA.

Não foi possível demonstrar os efeitos benéficos da utilização da monensina sobre os parâmetros ruminais (pH, N-NH₃ e AGCC) e degradabilidade da MS em bovinos alimentados com suplemento proteico de baixo consumo e feno de *B. decumbens* de baixa qualidade.

REFERÊNCIAS

- ABE, N.; LEAN, I.J.; RABIEE, A. et al. Effects of sodium monensin on reproductive performance of dairy cattle. II. Effects on metabolites in plasma, resumption of ovarian cyclicity and oestrus in lactating cows. **Australian Veterinary Journal**, v.71, n.9, p.277-282, 1994.
- ALLEN, M.S.; MERTENS, D.R. Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. Symposium: rumen productivity. **Journal Nutrition**, v.118, n. 2, p. 261-270, 1988.
- ANDRAE, J.G.; HORN, G.W.; BUCHANAN, D.S. et al. Effect of salt intake in a monensin-containing energy supplement on rumen fermentation of steers grazing wheat pasture. **Animal Science Research Report Agricultural Experiment Station**. Oklahoma: Oklahoma State University, 1995. p.145-150.
- BAILE, C.A.; McLAUGHLIN, C.L.; POTTER, E.L. et al. Feeding behavior changes of cattle during introduction of monensin with roughage or concentrate diets. **Journal of Animal Science**, v.48, n.6, p.1501-1508, 1979.
- BATEMAN, H.G.; WILLIAMS, C.C.; GANTT, D.T. et al. Effects of zinc and sodium monensin on ruminal degradation of lysine-HCL and liquid 2-hidroxy-4-methylthiobutanoic acid. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 8, p. 2571-2577, 2004.
- BEEDE, D.K.; BATES, D.B.; HIRCHERT, E.M.; ROMERO, F. et al. Lactational performance of midlactation Holstein cows fed lasalocid. **Journal of Animal Science**, v. 63, p. 417, 1986a, suplemento 1.
- BERGEN, W.G.; BATES, D.B. Ionophores: Their effect on production efficiency and mode of action. **Journal of Animal Science**, v.58, n.6, p. 1465-1483, 1984.
- BOGAËRT, C.; GOMEZ, L.; JOUANY, J.P. Effects of lasalocid and cationomycin on the digestion of plant cell walls in sheep. **Canadian Journal of Animal Science**, v.71, n.2, p.379-388, 1991.
- BORGES, L.F.O. **Efeitos da enramicina ou da monensina sódica sobre a fermentação ruminal e a digestão total em bovinos**. 2006. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2006.
- BRANINE, M.E.; GALYEAN, M.L. Influence of grain and monensina supplementation on ruminal fermentation, intake, digesta kinetics and incidence and severity of

- frothy bloat in steers grazing winter wheat pasture. **Journal of Animal Science**, v.68, n.3, p.1139-1150, 1990.
- BUENO, I.C.S. **Comparação entre técnicas *in vitro* e *in situ* de avaliação de braquiária para ruminantes**. 1998, 133p. Dissertação – Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1998.
- BUENO, I.C.S.; FILHO, S.L.S.; GODOY, P.B.; ABDALLA, A.L. (2010) Comparison of *in situ* and *in vitro* dry matter rumen degradability of three distinct quality hays in sheep. *Trop Subtrop Agroecosys* 12:321–332
- CABRAL FILHO, S.L.S.; BUENO, I.C.S.; ABDALLA, A.L. 2007. Substituição do feno de Tifton pelo resíduo úmido de cervejaria em dietas de ovinos em manutenção. *Ciência Animal Brasileira*, 8: 75-83.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M. et al. Degradabilidade ruminal do feno de forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 81-85, 2006.
- CASALI, A.O. **Procedimentos metodológicos *in situ* na avaliação do teor de compostos indigestíveis em alimentos e fezes de bovinos**. 2006, p.47, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- CALLAWAY, T.R.; RUSSEL, J.B. Selection of a highly monensina-resistant *Prevotella bryantii* sub-population with altered outer membrane characteristics. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 65, n. 11, p. 4753-4759, 1999.
- CALLAWAY, T.R.; RUSSEL, J.B. Variations in the ability of ruminal Gram-negative *Prevotella* species to resist monensina. **Current Microbiology**, v. 40, n. 3, p.185-190, 2000.
- CECAVA, M.J.; MERCHEN, N.R.; BERGER, L.L. et al. Effect of energy level and feeding frequency on site of digestion and postruminal nutrient flows in steers. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.2470-2479, 1990.
- CHALUPA, W.; CORBETT, W.; BRETHOUR, J. R. Effects of monensina and ampicloral on rumen fermentation. **Journal of Animal Science**, v. 51, n. 1, p. 170-179, 1980.
- CHEN, G.; RUSSEL, J. B. Sodium-dependent transport of branched-chain amino acids by a monensin-sensitive ruminal *Peptostreptococcus*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 55, n.10, p. 2658-2663, 1989.
- CHEN, M.; WOLIN, M.F. Effect of monensin and lasalocid-sodium on the growth of methanogenic and saccharolytic bacteria. **Applied Environmental**

- Microbiology**, v. 38, n.1, p.72-77, 1979.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.
- COE, M.L.; NAGAJARA, T.G.; SUN, Y.D. et al. Effects of virginiamycin on ruminal fermentation in cattle during adaptation to a high concentrate diet during an induced acidosis. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 8, p. 2259-2268, 1999.
- CUMMINS, K.A. et al. Nitrogen degradability and microbial protein synthesis in calves fed diets of varying degradability by the bag technique. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.66, p.2356-64, 1983.
- DAVENPORT, R.W.; GALYEAN, M.L.; BRANINE, M.E. et al. Effects of a monensin ruminal delivery device on daily gain, forage intake and ruminal fermentation of steers grazing irrigated winter wheat pasture. **Journal of Animal Science**, v.67, n.8, p.2129-2139, 1989.
- DEHORITY, B.A. **Classification and morphology of rumen protozoa**. Wooster, Ohio Agricultural Research and Development Center, 1977. 82p.
- DOMINGUEZ, M.G.; ESCOBAR, A. Rumen manipulation for the improved utilization of tropical forages. **Animal Feed Science and Technology**, v.69, n.2, p.97-102, 1997.
- DUTRA, A.R.; QUEIROZ, A.C.; THIÉBAUT, J.T.L. et al. 2004. Efeitos dos níveis de fibra e de fontes de proteínas sobre a concentração do nitrogênio amoniacal e pH ruminal em novilhos. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 714-722, 2004.
- FAULKNER, D.B.; KLOPFENSTEIN, T.J.; TROTTER, N.T.; BRITTON, R.A. Monensin effects on digestibility, ruminal protein escape and microbial protein synthesis on high-fiber diets. **Journal of Animal Science**, v. 61, n. 3, p. 654-660, 1985.
- FREDRICKSON, E.L.; GALYEAN, M.L.; BRANINE, M.E. et al. Influence of ruminally dispensed monensin and forage maturity on intake and digestion. **Journal of Range Management**, v. 46, n. 3, p. 214-220, 1993.
- GALLARDO, M.R.; CASTILLO, A.R.; BARGO, F. et al. Monensin for lactating dairy cows grazing mixed-alfalfa pasture and supplemented with partial mixed ration. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 2, p. 644-652, 2005.
- GALLOWAY, D.L.; GOETSCH, A. L.; PATIL, A. et al. Feed intake and digestion by Holstein steer calves consuming low-quality grass supplemented with lasalocid or monensin. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 73, n. 4, p. 869-879, 1993.

- GARCIA-LOPEZ, P.M.; KUNG, L.; ODOM, J.M. In vitro inhibition of microbial methane production by 9,10-Anthraquinone. **Journal of Animal Science**, v.74, n.9, p. 2276-2284, 1996.
- GARRETT, J.E.; GUESSOUS, F.; EDDEBBARH, A. Utilization of sugar beet molasses and monensin for finishing dairy bullocks. **Animal Feed Science and Technology**, v.25, n.1-2, p.11-21, 1989.
- GOODRICH, R.D.; GARRET, J.B.; GAST, D.R. Influence of monensin on the performance of cattle. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 6, p 1484-1484, 1984.
- GREEN, B.L.; MCBRIDE, B.W.; SANDALS, D. et al. The impact of a monensin controlled-release capsule on subclinical ketosis in the transition dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 2, p. 33-342, 1999.
- HAIMOUD, A.D.; VERNAY, M.; BAYOURTHE, C. et al. Avoparcin and monensin effects on the digestion of nutrients in dairy cows fed a mixed diet. **Canadian Journal of Animal Science**, v.75, n.3, p.379-385, 1995.
- HAN, H.; HUSSEIN, H.S.; GLIMP, H.A. et al. Carbohydrate fermentation and nitrogen metabolism of a finishing beef diet by ruminal microbes in continuous cultures as affected by ethoxyquin and (or) supplementation of monensin and tylosin. **Journal of Animal Science**, v.80, n. 4, p. 1117-1123, 2002.
- HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3630-3644, 1991.
- IVAN, M.; DAYRELL, M.S.; HIDIROGLOU, M. Effects of bentonite and monensin on selected elements in the stomach and liver of faun-free and faunated sheep. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.1, p.201-208, 1992.
- IVES, S.E.; TITGEMEYER, E.C.; NAGAJARA, T.G. et al. Effects of virginiamycin and monensin plus tylosin on ruminal protein metabolism in steers fed corn-based finishing diets with or without wet corn gluten feed. **Journal of Animal Science**, v. 80, n.11, p. 3005-3015, 2002.
- KRAUSE, D.O.; RUSSEL, J. B. An rRNA approach for assessing the role of obligate amino acid fermenting bacteria in ruminal amino acid degradation. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 62, n. 3, p. 815-821, 1996.
- KORNDORFER, C.M. 1999. **Eficiência de utilização do feno de *Brachiaria decumbens* na alimentação de ovinos Santa Inês**. Thesis of the University of São Paulo, Piracicaba, Brazil. 110p.

- LANA, R.P.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B.; PERRY, T.C. Influence of monensin on Holstein steers fed high-concentrate diets containing soybean meal or urea. **Journal of Animal Science**, v. 75, n.6, p. 2571-2579, 1997.
- LAZZARINI, I. **Consumo, digestibilidade e dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados**. 2007. 52f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- LEMENAGER, R.P.; OWENS, F.N.; SHOCKEY, B.J. et al. Monensin effects on rumen turnover rate, twenty-four hour VFA pattern, nitrogen components and cellulose disappearance. **Journal of Animal Science**, v.47, n.1, p.255-261, 1978.
- MACHADO, M.C.; BUENO, I.C.S.; ABDALLA, A.L et al. 2001. Degradabilidade ruminal *in situ* de alimentos para ovinos da raça Santa Inês. (Compact disc) In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38. Piracicaba, Brazil.
- MASS, J. A.; WILSON, G. F.; MCCUTCHEON, S. N.; LYNCH, G. A. et al. The effect of season and sodium monensin on the digestive characteristics of autumn and spring pasture fed to sheep. **Journal of Animal Science**, v. 79, n.4, p. 1052-1058, 2001.
- McGUFFEY, R.K.; RICHARDSON, L.F.; WILKINSON, J.I.D. Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 84, suppl. E, p. E194- E203, 2001.
- McSWEENEY, C.S.; DAALRYMPLE, B.P.; GOBIUS, K.S. et al. The application of rumen biotechnology to improve the nutritive value of fibrous feedstuffs: pre- and post-ingestion. **Livestock Production Science**, v.59, n. 3, p.265-283, 1999
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fibre in feeds with refluxing beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, p. 1217-1240, 2002.
- NUSSIO, C.M.B.; SANTOS, F.A.P.; ZOPOLLATTO, M. et al. Parâmetros de fermentação e medidas morfométricas dos compartimentos ruminais de bezerros leiteiros suplementados com milho processado (floculado vs. Laminado a vapor) e monensina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 1021-1031, 2003.
- OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadricula de São Carlos**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1984. 188p.

- OLIVEIRA, M.V.M.; LANA, R.P.; JHAM, G.N. et al. Influência da monensina no consumo e na fermentação ruminal em bovinos recebendo dietas com teores baixo e alto de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1763-1774, 2005.
- ØRSKOV, E.R.; HOVELL, F.D. DEB.; MOULD, F. Uso de la tecnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. **Prod. Animal Trop.**, n. 5, p. 213, 1980.
- ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, n.4, p.499-503, 1979.
- ØRSKOV, E. R. **Nutrición proteica de los ruminantes**. Zaragoza: Acribia, 1988. 178p.
- OSBORNE, J.K.; MUTSVANGWA, T.; ALZAHAL, O. et al. Effects of monensin on ruminal forage degradability and total tract diet digestibility in lactating dairy cows during grain-induced subacute ruminal acidosis. **Journal of Dairy Science**.V.87, n. 6, p. 1840-1847, 2004.
- RAMAZIN, M.; BAILONI, L.; SCHIAVON, S.; BITTANTE, C. Effects of monensina on milk production and efficiency of dairu cows fed two diets differing in forage to concentrate ratios. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.8, p. 1136-1142, 1997.
- RESTLE, J.; NEUMANN, M.; ALVES FILHO, D.C. et al. Terminação em confinamento de vacas e novilhas sob dietas com ou sem monensina sódica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1801-1812, 2001.
- REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; PEREIRA, J.R.A. et al. Composição química e digestibilidade de fenos tratados com amônia anidra ou uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**,v.30, n.3, p.666-673, 2001a
- RICHARDSON, L.F.; RAUN, A.P.; POTTER, E.L. et al. Effect of monensin in rumen fermentation in vitro and in vivo.**Journal of Animal Science**, v.43, n.3, p.657-664, 1976.
- RIVERA, A.R.; BERCHIELLI, T.T et al. Fermentação ruminal e produção de metano em bovinos alimentados com feno de capim tifton-85 e concentrado com aditivos.**Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.617-624, 2010.
- RODRIGUES, P.H.M.; MATTOS, W.R.S.; MELOTTI, L.; RODRIGUES, R.R. Monensina e digestibilidade aparente em ovinos alimentados com proporções de volumoso e concentrado. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 449-455, 2001.

- RODRIGUES, P.H.M.; MATTOS, W.R.S.; MEYER, P.M.; LUCCI, C.S.; MELOTTI, L. Effects of monensina level and roughage/concentrate ratio on ruminal fermentation in bovines. **Journal of Animal and Feed Science**, v.13, p. 195-198, 2004.Suplemento 1.
- RODRIGUES, P.H.M.; PEIXOTO JR., K.C.; FRANCO, S.C. et al. Avaliação da monensina administrada pela forma convencional ou por dispositivo de liberação lenta (bólus) em bovinos alimentados com forragens de baixo valor nutritivo e suplementados ou não com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1937-1944, 2007.
- RUIZ, R.; ALBRECHT, G.L.; TEDESCHI, L.O. et al. Effect of monensin on the performance and nitrogen utilization of lactating dairy cows consuming fresh forage. **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 7, p. 1717-1727, 2001.
- RUSSELL, J.B.; STROBEL, H.J. Minireview: The effect of ionophores on ruminal fermentation. **Applied and Environmental Microbiology**, v.55, n. 1, p. 1-6, 1989.
- SAMPAIO, I.B.M. 1990.Seleção de pontos experimentais de colheita de material para o estudo de degradação de matéria seca no rúmen. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 27, Campinas, Brazil, p.13.
- SATTER, L.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration rumen microbial protein production in vitro.**British Journal Nutrition**, v.32, n.2, p.199-208, 1974.
- SCHELLING, G.T. Monensin mode of action in the rumen.**Journal of Animal Science**, v.58, n.6, p.1518-1527, 1984.
- SURBER, L.M.M.; BOWMAN, J. G.P. Monensin effects on digestion of corn and barley high-concentrate diets. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 7, p. 1945-1954, 1998.
- SUTTON, J.D. Digestion and end product formation in the rumen from production rations. In: Digestive physiology and metabolism in ruminants. S.I.: Press Ltd.,1980.p.271-290.
- SPEARS, J.W. Ionophores and nutrient digestion and absorption in ruminants. **Journal of Nutrition**, v. 120, n. 6.P. 632-638, 1990.
- VAN MAANEN, R.W.; HERBEIN, J.H.; MCGILLIARD, A.D. et al. Effects of monensin in vivo rumen propionate production and blood glucose kinetics in cattle.**Journal of Nutrition**, v. 108, n. 5,, p. 1002-1007, 1978.
- VAN SOEST, J.P.; 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, n.10, p.3583-3597, 1991.

VARGA, A.G.; KOLVER, E.S. Microbial and animal limitations to fiber digestion and utilization. **Journal Nutrition**, v.127, n.esp., p.819-823, 1997.

WARD, M.G.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D. et al. Supplementation and monensin effects on digesta kinetics. 2. Cattle grazing winter range. **Journal of Range Management**, v.43, n.5, p.383-386, 1990.

WEATHERBURN, M.V. Phenol-hipochorite reaction for determination of ammonia. **Anal. Chemistry**, v.39, p. 971-974, 1967.

WOHLT, J.E.; CLARK, J.H.; BLAISDELL, F.S. Effects of sampling location, time and method of concentration of ammonia nitrogen in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v. 59, n.3, p.459-464, 1976.

CAPÍTULO V**5 NÍVEIS DE MONENSINA SÓDICA EM SUPLEMENTO PROTEICO SOBRE PRODUÇÃO DE METANO, ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA E DEGRADABILIDADE *IN VITRO* DA MATÉRIA SECA.****RESUMO**

Quatro níveis de monensina foram testados em ensaio *in vitro* de produção de gases com o objetivo de avaliar a cinética fermentativa, produção de AGCC, degradabilidade da matéria seca, e produção do gás metano. Para tanto, feno de *Brachiaria decumbens* e suplemento proteico de baixo consumo foram utilizados como substrato. Foi simulado um consumo médio de suplemento de 500g/animal/dia acrescido dos níveis de monensina: 0, 200, 400 e 600 mg. Quatro bovinos fistulados adultos foram utilizados como doadores dos inóculos. No preparo o inóculo utilizou-se 50% da fase líquida e 50% da fase sólida do conteúdo ruminal. A produção de gases foi medida em 11 intervalos durante 96 h de incubação, sendo os parâmetros cinéticos da fermentação (produção potencial de gases (A), tempo de colonização da amostra (L) e ($t_{1/2}$)) determinados por modelo exponencial. Foram coletados amostras dos gases para mensuração da produção de metano em 24 hrs de incubação. A degradabilidade da matéria seca e a produção de ácidos graxos de cadeia curta foram determinados às 24 e 96 horas de incubação. A produção potencial de gases diminuiu conforme a inclusão monensina. O tempo de colonização das amostras aumentou com a inclusão de monensina. Não foram observadas diferenças na produção de CH₄ AGCC e DMS entre os tratamentos.

Palavras-chave: *Brachiaria decumbens*, bovinos, ionóforos.

MONENSIN LEVELS IN PROTEIN SUPPLEMENT ON METHANE PRODUCTION, SHORT CHAIN FATTY ACID AND *IN VITRO* DEGRADABILITY OF DRY MATTER.

ABSTRACT

Four levels of monensin were tested in vitro gas production. The objectives were to evaluate the fermentation kinetics, short chain fatty acids production, dry matter degradation and methane production. For this purpose, *B. decumbens* hay and protein supplement low consumption were used as substrate. An average supplement intake 500g/animal/day with different levels of monensin (0, 200, 400 and 600 mg) was simulated. Four fistulated adult cattle were donors of inoculum. To prepare the inoculum were used 50% of the liquid phase and 50% of the solid phase of rumen contents. The gas production was measured in 11 intervals during 96 h incubation. The fermentation kinetic parameters (A , L e $t_{1/2}$) were determined by exponential model. Gas samples were collected for measurement of methane production in 24hrs incubation. The dry matter degradability and production of short chain fatty acids were determined after 24 and 96 hours of incubation. The potential gas production decreased as monensin inclusion. The colonization time of the samples increased with monensin. No differences were observed in the CH_4 and SCFA production, and in the degradability of dry matter between treatments.

Keywords: *Brachiaria decumbens*, cattle, ionophore.

5.1 INTRODUÇÃO

Mudanças climáticas no mundo, resultantes do aumento das concentrações de gases na atmosfera, tem levado à alteração no balanço de entrada e saída da radiação solar do planeta, provocando aquecimento da superfície terrestre (COTTON; PIELKE, 1995). Dentre os vários gases causadores do efeito estufa (GEE), as atividades agropecuárias contribuem de forma significativa com a emissão de três deles: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O).

Os animais podem contribuir diretamente com o aumento da concentração de metano através de duas vias principais: pela fermentação de dejetos orgânicos e pela fermentação entérica (CLARK et al, 2001; BRASIL, 2002; USEPA, 2004).

Os processos entéricos dos animais são responsáveis por gerarem 80 milhões de toneladas de metano por ano. Estima-se que 22% dessas emissões totais são originadas pelos ruminantes, o que corresponde a 3,3% do total dos gases e efeito estufa (USEPA, 2000).

Os ruminantes representam uma das poucas fontes produtoras de CH_4 que podem ser manipuladas, pois a produção de tal gás por bovinos é proveniente da fermentação ruminal (RIVERA et al, 2010).

Dentre as principais variáveis que influenciam a produção de metano em ruminantes, pode-se citar os fatores nutricionais (qualidade e tipo de carboidratos na dieta, nível de ingestão de alimento, presença de ionóforos ou lipídios), fatores metabólicos (taxa de passagem da digesta) e fatores ambientais (temperatura e manejo dos animais) (MOSS, 1994; MILLER, 1995; McALLISTER; OKINE; MATHISON, 1996).

Segundo McAllister, Okine e Mathison (1996), o grande desafio para nutricionistas é o desenvolvimento de estratégias para aperfeiçoar o funcionamento do rúmen, atenuando a produção de metano, sem causar impacto negativo na produtividade animal.

Por possuir o maior rebanho de bovinos do mundo e utilizar forrageiras tropicais como base alimentar destes animais, o Brasil tem sido indicado como potencial produtor de metano em função de uma série de razões: os bovinos de corte são ruminantes de grande porte; assim a proporção de metano produzida é bem maior quando comparado aos pequenos ruminantes; a dieta alimentar é constituída de forragem de valor nutricional baixo (COSTA, 2006).

Segundo Franco (2008), o uso de aditivos de eficiência comprovada, como por exemplo, os ionóforos, é uma ferramenta adicional poderosa, capaz de otimizar a conversão da forragem em produto animal. Além de aumentar o desempenho individual e consequentemente promover maior lucratividade do negócio, resulta outros benefícios tais quais a redução da produção de metano e da excreção de nitrogênio no ambiente e otimização do uso da terra.

A redução na produção de metano no rúmen, com o uso de ionóforos, como por exemplo a monensina sódica, ocorre de forma indireta, através da eliminação das bactérias gram-positivas, que têm como produtos finais hidrogênio e formato, intermediários na formação do tal gás no ambiente ruminal (RANGEL et al., 2008).

Deste modo o presente trabalho teve como objetivo analisar os efeitos de diferentes níveis de monensina sódica em suplementos proteicos de baixo consumo para bovinos, visando melhorar o desempenho animal através da melhor fermentação ruminal e consequentemente redução da emissão de gás metano no ambiente. Para tanto foi estimada a produção total de gases, a produção de metano, produção de ácidos graxos voláteis e a degradabilidade da matéria seca, através da simulação *in vitro* do ambiente ruminal.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Local do Experimento

Os ensaios e as análises foram conduzidos respectivamente nas instalações do Laboratório de Metabolismo Ruminal (LabRúmen) e no Laboratório de Fermentabilidade Ruminal (LFR) do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA/USP), Pirassununga, SP, em um delineamento experimental inteiramente casualizado.

5.2.2 Tratamentos e Processamento das Amostras

Para a avaliação dos substratos levou em consideração o consumo de 500 g/cabeça/ dia de suplemento proteico. O substrato avaliado foi formado por feno de

Brachiaria decumbens (Tabela 11) e suplemento proteico de baixo consumo com inclusão de monensina sódica em níveis crescentes conforme os tratamentos a seguir:

T₀: suplemento proteinado (LAMBISK M®, Bellman Nutrição Animal) - controle;

T₂₀₀: suplemento proteinado + 200 mg de monensina sódica (RUMEFORT®, Vallée);

T₄₀₀: suplemento proteinado + 400 mg de monensina sódica;

T₆₀₀: suplemento proteinado + 600 mg de monensina sódica

Tabela 11. Média (% da MS) da composição químico bromatológica do feno de *Brachiaria decumbens*, em teor de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), material mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT).

% na MS				
PB	EE	MM	FDN	NDT
7,68 ± 0,99	0,78 ± 0,10	7,33 ± 1,47	74,36 ± 0,71	56,78 ± 1,15

^{1/} Valor correspondente ao desvio padrão da media

O feno e os suplemento proteico foram moídos separadamente em moinho com peneira do tipo crivo com diâmetro de 1mm. Em seguida, foram pesados e colocados nos frascos de vidro (garrafas) de produção de gás conforme cada tratamento.

Os níveis de garantia do suplemento proteinado utilizado nos tratamentos foram: Proteína bruta 400 g/kg, NNP 340 g/kg, Cobre 170 mg/kg, Manganês 130 mg/kg, Zinco 640 mg/kg, Iodo 12 mg/kg, Cobalto 10 mg/kg, Selênio 3 mg/kg, Flúor 200 mg/kg, Cálcio 80 g/kg, Fósforo 12 g/kg, Magnésio 2 g/kg, Enxofre 15 g/kg e Sódio 35 g/kg.

5.2.3 Bioensaio *in vitro* e Frascos de Fermentação

A técnica *in vitro* de produção de gás utilizada neste trabalho foi a semiautomática com transdutor de pressão descrita em Theodorou et al. (1994), Maurício et al. (1999) e adaptada por Bueno et al. (2005).

Além da produção de metano, avaliou-se também a cinética de produção de gases, a produção de ácidos graxos de cadeia curta e a degradabilidade da matéria seca. Para isso, foram utilizados 120 garrafas com capacidade para 160 mL que previamente

ao experimento foram lavadas com água destilada, secas e identificadas. Em cada garrafa além do substrato, também foram adicionados manualmente 50 mL de solução tampão e inoculo ruminal. Ensaios com um substrato padrão foram realizados para posteriores correções dos ensaios com o substrato do experimento.

5.2.4 Preparo do Inóculo e Inoculação

Para a preparação do inóculo, quatro bovinos machos castrados da raça Nelore providos de cânula permanente de rúmen e mantidos a pasto de *B. decumbens* foram utilizados como doadores de líquido ruminal. Para tanto foram coletados, separadamente, a fase líquida e a sólida do conteúdo ruminal dos animais com auxílio de bomba de vácuo elétrica e *kitassato* e imediatamente acondicionados em garrafas e caixas térmicas, livres de oxigênio, para manter a temperatura a 38-39°C durante o transporte até o Laboratório de Metabolismo Ruminal (LabRúmen).

No preparo dos inóculos utilizou-se o mesmo volume das fases líquidas e sólida de cada conteúdo ruminal, que foram homogeneizados em um liquidificador por 10 segundos, para a recuperação dos microrganismos celulolíticos que se aderem fortemente à fração sólida. O material resultante foi filtrado em duas camadas de tecido de algodão (fraldas). As frações filtradas foram mantidas em banho-maria a 39°C até o término da sua utilização.

A inoculação foi realizada através da injeção de 25 mL de inóculo em cada garrafa de incubação usando seringa plástica graduada. Os frascos foram vedados com rolhas de borracha e agitados manualmente (Figura 8), e em seguida incubados em estufa de circulação forçada de ar a 39°C, permitindo desta forma o acúmulo de gases dentro de cada frasco. Este foi considerado o tempo zero e dado início a contagem dos tempos de fermentação.

Figura 8. Preparação dos frascos de vidro (garrafas) para produção de gás *in vitro*. I) Garrafa com substrato. II) Garrafa com substrato + solução tampão + inoculo. III) Garrafa vedada e agitada com substrato + solução tampão + inoculo.

5.2.5 Medição de Gases

As leituras de pressão geradas pelos gases acumulados em cada frasco de fermentação foram feitas utilizando um “transdutor” e um datalogger PressDATA 800, (THEODOROU et al., 1994), nos tempos 4, 8, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72 e 96 horas após a inoculação dos substratos.

Paralelamente às mensurações de pressão nos intervalos pré-determinados uma alíquota do gás produzido foi retirada para posterior quantificação de metano. O restante do gás no interior do frasco era liberado até a indicação da pressão pelo transdutor acusar valor igual a 0,0 e rapidamente a agulha com o *transducer* eram retirados, os frascos agitados e postos na estufa novamente (Figura 9). Esse procedimento foi adotado com o intuito de se evitar o aumento excessivo de pressão dentro das garrafas, pois segundo Abdalla et al. (2012), esse tipo de medida é importante para evitar que a pressão no interior da mesma não chegue a 7 psi, pois nestas condições pode ocorrer inibição do processo fermentativo promovido pelos microrganismos ruminais.

A produção de gases foi ajustados pelo modelo de France et al. (1993):

$$A = Af \times \{1 - e^{[-bx(t-t_0) - cx(Vt-Vt_0)]}\}$$

Onde: A é o volume acumulado de gases produzidos até o tempo t ; A_f é o volume assintótico dos gases produzidos; b e c são constantes do modelo; e t_0 representa um tempo de colonização discreto.

Figura 9. Garrafas após leitura de pressão

5.2.6 Coleta e Determinação do Gás Metano (CH_4)

Para análise do gás metano (CH_4), foram coletados três amostras (3, 3 e 4 mL) do gás produzido em cada frasco com auxílio de seringas descartáveis e armazenados em tubo Vacuntainer®, previamente identificado e submetidos a vácuo até atingir uma pressão negativa de 12 mL. Das amostras totais colhidas durante o ensaio de produção de gases foi utilizado cerca de 1 mL para a quantificação do CH_4 . As amostras foram analisadas através de cromatografia gasosa.

5.2.7 Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC)

Para a determinação de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), 24 e 96 horas após o início da incubação das amostras, foram coletadas amostras de aproximadamente 10 mL de sobrenadante que foram identificadas e armazenados em

frascos de vidro mantidos a -20°C . A análise dos AGCC foram realizadas por cromatografia gasosa segundo Erwin et al. (1961).

O preparo das amostras para determinação dos AGCC consistiu na submissão das amostras, descongeladas à temperatura ambiente, a 1.000 rpm em uma centrífuga a 4°C . Esse processo de centrifugação permitiu que os sedimentos se deslocassem para o fundo dos tubos para que a fração sobrenadante fosse coletada para determinação dos mesmos. Em seguida, foram pipetados em eppendorf 800 μL da amostra preparada, 200 μL de ácido fórmico 88 % e 100 μL do padrão interno. O padrão interno consiste em uma solução composta por 1,1615 g de ácido etilbútrico e 10 mL de etanol diluídos em 100 mL de água deionizada.

O equipamento foi calibrado com a utilização de uma solução denominada padrão externo, que consistiu em uma solução de 100 mL composta por quantidades pré-determinadas dos padrões dos AGCC: ácido acético, propiônico, isobutírico, valérico e isovalérico. Dessa forma, foi possível se obter uma solução com concentrações conhecidas de cada um desses ácidos. A solução homogeneizada foi mantida sob refrigeração até sua efetiva utilização no processo de calibração do equipamento.

Após a calibração do cromatógrafo e preparo das amostras para leitura, o volume de 1 μL de amostra foi injetado no equipamento e as determinações das concentrações dos AGCC foram realizadas por meio do padrão interno.

5.2.8 Degradabilidade da Matéria Seca (DMS)

Os valores de degradabilidade da matéria seca *in vitro* foi determinada segundo Menke et al. (1979). Os resíduos da fermentação ruminal após 24 e 96 horas foram obtidos por meio da filtração em cadinhos de vidro com placas de porcelana porosa de peso previamente conhecido. Os resíduos foram secos em estufa a 105°C durante 24 horas e pesados para que fossem calculados os valores de degradabilidade da matéria seca (DMS) por diferença de pesos em relação ao peso seco do substrato inicial.

5.2.9 Análise Estatística

O Delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, sendo 4 tratamentos e 3 repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância a nível de significância 5%. Quando detectadas diferença pelo teste F foi realizado o teste de Tukey ($P > 0,05$). Os dados foram analisados usando-se o procedimento GLM do programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 2002).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diversas variáveis foram analisadas no processo de produção de gases *in vitro*. No presente trabalho foram avaliadas a produção potencial de gases, o fator de partição (FP), a digestibilidade da matéria seca (DIVMS), a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e a produção do gás metano (CH_4).

Na Tabela 12 e Figura 10 são apresentados respectivamente, os parâmetros do modelo de France et al (1993) e o perfis da fermentação *in vitro* do feno de *B. decumbens* com suplemento proteico e níveis de monensina conforme cada tratamento. Diferenças significativas ($P < 0,05$) foram observadas nas variáveis A, L e $t_{1/2}$.

Tabela 12. Parâmetros do modelo de France et al. (1993) e produções relativas de gases conforme cada tratamento.

Variável	Tratamentos				Média	EPM	Prob.
	T0	T200	T400	T600			
<i>A (mL g⁻¹ MS)</i>	177,02 a	173,82 b	171,20 c	164,62 d	171,67	3,54	0,03
<i>b (h⁻¹)</i>	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,00	NS
<i>c (h^{-1/2})</i>	-0,23	-0,22	-0,20	-0,19	0,21	0,02	NS
<i>L</i>	6,90 c	7,36 b	7,31 b	7,61 a	7,30	0,19	0,03
<i>t_{1/2}</i>	43,88 d	48,09 c	50,44 b	53,99 a	49,10	3,22	0,04

A: volume final ou produção potencial de gases; b e c: constantes do modelo; L: tempo de colonização; $t_{1/2}$: tempo no qual a metade de A é atingido; EPM: erro-padrão da média; Prob.: probabilidade estatística; NS: não significativo.

a, b, c, d média seguidas por letras diferentes, nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$).

A produção potencial de gases (A) do presente trabalho diminuiu conforme a inclusão monensina. Bueno et al. (2005) ao trabalharem com amostras de *B. decumbens* de 28 dias de crescimento com PB de 6,1% e FDN de 80,4%, incubadas *in vitro* com inóculo de bovino observaram valor de A igual 214,0 mL/g MS. Sendo assim, o valor de T_0 (177,03 mL/g MS) do presente trabalho, se mostrou cerca de 17,28% inferior a observado por Bueno et al. (2005).

Segundo Beleosoff, B. S. (2013), a produção de gases no ambiente ruminal tem sido muito associada à qualidade da dieta consumida pelos animais. De forma que, espera-se maior produção de gases à medida que a fração fibrosa aumenta e a fração solúvel do carboidrato reduz.

Figura 10. Perfis da cinética de fermentação *in vitro* do feno de *Brachiaria decumbens* com suplemento proteico e níveis de monensina

Os tempos de colonização (L) encontrados são semelhantes aos obtidos por Bueno et al. (1999b; 2000) para feno de braquiária (de 7,0 a 8,3h). Garcia, L. F. (2013) também observou tempo de colonização alto ao utilizarem feno de capim Tifton 85 e aditivos em ensaio de fermentação. Possivelmente atribuído ao alto conteúdo de carboidratos estruturais apresentados no feno de *B. decumbens*.

Os valores de eficiência da fermentação mais positiva foram observados nos tratamentos com menor inclusão de monensina. Quanto menor o valor do $t_{1/2}$, melhor a

eficiência da fermentação, uma vez que o $t_{1/2}$ representa o tempo que foi gasto para que metade da assíntota fosse atingida.

O fator de partição (FP mg/mL) é uma variável utilizada para relacionar quantos mg de MS degradada *in vitro* são necessários para produzir 1 mL de gases totais durante os processos de fermentação *in vitro*. O FP (Tabela 13) apresentou diferenças entre os tempos 24 e 96 h ($P < 0,05$). Além disso, o FP 96 aumentou linearmente conforme a inclusão de monensina nos tratamentos ($P < 0,05$). Isso significa que no tratamento T_0 foi necessário menor quantidade de MS degradada (3,57 mg) para gerar 1mL de gases, já no tratamento T_{1200} foi necessário que ocorresse a fermentação de maior quantidade de MS (4,17 mg) para que a mesma quantidade de gás fosse gerada.

Tabela 13. Fator de partição (FP) estimado nos tempos 24 e 96 hr de incubação

Hora	Tratamentos				Média	EPM	Prob.
	T0	T200	T400	T600			
FP 24	8,38	9,57	9,53	11,66	9,79	1,06	NS
FP 96	3,57 d	3,79 c	3,88 b	4,17 a	3,85	0,11	0,013

EPM: erro-padrão da média; Prob.: probabilidade estatística; NS: não significativo.

Nogueira, et al. (2006b) ao avaliarem *in vitro* a degradabilidade da MS e a produção de gases da *B. decumbens* encontraram valor do FP 96 de 4,19 mg/mL, valor este ligeiramente superiores ao valor médio do presente trabalho (3,85 mg/mL). No entanto, o valor do FP 24 médio (9,79 mg/mL) deste trabalho se mostrou bem acima do encontrado pelo encontrado pelos mesmos autores (3,63 mg/mL).

Diversos fatores são capazes de influenciar na produção de gases e, consequentemente, a produção de CH_4 pelos animais através da fermentação entérica. Contudo, um fator importante nesse processo é a extensão da degradação do alimento. Segundo Bueno et al. (2005), o sistema de produção de gases *in vitro* é capaz de fornecer uma estimativa da degradabilidade do alimento.

Vários trabalhos têm sugerido que os processos de produção de gases *in vitro* devem ser complementados com a determinação dos resíduos ao final do processo de incubação. Pois as medições por si só não são satisfatórias, e afirmam que a determinação do resíduo final é capaz de revelar a quantidade de substrato que foi efetivamente utilizada durante o processo de fermentação *in vitro* (GETACHEW et al.,

1998 *apud* BELEOSOFF, B.S. 2013). No presente trabalho, a DMS foi utilizada para expressar a relação com os resíduos ao final do processo de fermentação *in vitro*.

Os resultados referentes à digestibilidade *in vitro* da MS (DMS) estão apresentados na Tabela 14. Diferenças significativas foram observadas ($P < 0,05$) somente entre tempos (24 e 96 h) de avaliação.

Tabela 14. Degradabilidade da matéria seca estimado nos tempos 24 e 96 hr de incubação

Hora	Tratamentos				Média
	T0	T200	T400	T600	
DMS 24	24,47 $\pm$ 1,53	24,31 $\pm$ 1,53	23,17 $\pm$ 1,53	23,34 $\pm$ 1,53	23,82 $\pm$ 0,77 a
DMS 96	55,94 $\pm$ 1,53	55,65 $\pm$ 1,53	54,53 $\pm$ 1,53	54,39 $\pm$ 1,53	55,13 $\pm$ 0,77 b
Média	40,21 $\pm$ 1,33	39,98 $\pm$ 1,33	38,85 $\pm$ 1,33	38,87 $\pm$ 1,33	

O teor médio de DMS para 24 e 96 horas observado no presente trabalho foram de 23,82 e 55,13 %, respectivamente (Tabela 14), o que equivale a cerca de 238,2 e 551,3 g/kg de MS. Valor este que foi inferior ao observado por Bueno et al. (2005), que ao trabalharem com amostras de *B. decumbens* com 28 e 56 dias de crescimento, obtiveram valores de 63,7 e 63,1% respectivamente, para a DMS com 96 h de incubação.

Como é conhecido, o principal evento associado com a fermentação ruminal é a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Na maioria das situações alimentares, o ácido acético é predominante e em conjunto com o ácido butírico, reflete dietas ricas em forragens. Segundo Kozloski (2002), as taxas de produção de AGCC variam com o tempo, após a ingestão, e com o tipo de alimento. Tentar compreender esse processo e suas fontes de variações pode ajudar a explicar as variações observadas nas produções de gases e na produção de CH₄ por ruminantes.

Os resultados referentes à concentração dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) obtido pela técnica *in vitro* de produção de gases encontram-se na Tabela 15. Não foram observadas variações significativas ($P > 0,05$) nos teores totais de AGCC, na relação C₂:C₃ e proporções molares dos ácidos C₂, C₃, IC₄, C₄, IC₅ e C₅ entre os tratamentos. Houve diferença significativa ($P < 0,05$) nos teores totais de AGCC somente entre os tempos.

Tabela 15. Concentrações total e proporção molar de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no fluido ruminal no dois tempos de amostragens (24 e 96 horas) de feno de *Brachiaria decumbens* e suplemento proteico com diferentes níveis de monensina, obtidos pela técnica *in vitro* de produção de gases.

	Tratamentos					
	Hora	T0	T200	T400	T600	Média
AGCC	24	26,43 ± 5,39	25,65 ± 5,39	25,60 ± 5,39	21,49 ± 5,39	24,79 ± 3,30 b
	96	97,82 ± 15,36	56,17 ± 15,36	76,86 ± 15,36	75,83 ± 15,36	76,67 ± 7,68 a
	Média	62,13 ± 8,14	40,91 ± 8,14	51,23 ± 8,14	48,65 ± 8,14	
C2	24	28,06 ± 12,25	49,96 ± 12,25	35,98 ± 12,25	46,09 ± 12,25	40,02 ± 7,50
	96	62,60 ± 4,60	53,93 ± 4,60	55,24 ± 4,60	54,4 ± 4,60	56,56 ± 2,30
	Média	45,33 ± 6,54	51,96 ± 6,54	45,61 ± 6,54	50,25 ± 6,54	
C3	24	53,02 ± 10,66	34,40 ± 10,66	49,57 ± 10,66	39,49 ± 10,66	44,12 ± 6,53
	96	25,80 ± 3,47	30,18 ± 3,47	31,93 ± 3,47	33,65 ± 3,47	30,39 ± 1,74
	Média	39,41 ± 5,61	32,29 ± 5,61	40,75 ± 5,61	36,57 ± 5,61	
IC4	24	0,98 ± 0,40	0,52 ± 0,40	0,34 ± 0,40	0,86 ± 0,40	0,67 ± 0,40
	96	0,27 ± 0,17	0,87 ± 0,17	0,54 ± 0,17	0,80 ± 0,17	0,62 ± 0,08
	Média	0,63 ± 0,22	0,69 ± 0,22	0,43 ± 0,22	0,83 ± 0,22	
C4	24	15,86 ± 2,23	14,09 ± 2,23	12,27 ± 2,23	12,8 ± 2,23	13,75 ± 1,25
	96	9,38 ± 1,07	12,20 ± 1,07	10,40 ± 1,07	9,66 ± 1,07	10,41 ± 0,53
	Média	12,62 ± 0,85	13,14 ± 0,85	11,33 ± 0,85	11,23 ± 0,85	
IC5	24	0,93 ± 0,11	0,91 ± 0,11	1,07 ± 0,11	1,28 ± 0,11	1,05 ± 0,06 a
	96	0,40 ± 0,11	0,49 ± 0,11	0,32 ± 0,11	0,25 ± 0,11	0,37 ± 0,06 b
	Média	0,66 ± 0,02	0,70 ± 0,02	0,69 ± 0,02	0,76 ± 0,02	
C5	24	1,83 ± 0,38	1,57 ± 0,38	1,51 ± 0,38	1,75 ± 0,38	1,67 ± 0,23
	96	1,53 ± 0,21	2,28 ± 0,21	1,58 ± 0,21	1,26 ± 0,21	1,66 ± 0,11
	Média	1,68 ± 0,22	1,92 ± 0,22	1,55 ± 0,22	1,50 ± 0,22	
C2:C3	24	0,96 ± 0,55	1,65 ± 0,55	1,02 ± 0,55	1,37 ± 0,55	1,25 ± 0,33
	96	2,54 ± 0,31	1,87 ± 0,31	1,86 ± 0,31	1,70 ± 0,31	1,99 ± 0,16
	Média	1,75 ± 0,31	1,76 ± 0,31	1,44 ± 0,31	1,53 ± 0,31	

AGCC: ácidos graxos de cadeia curta (mmol); C₂: ácido acético (% molar); C₃: ácido propiônico (% molar); C₄: ácido butírico (% molar); IC₄: ácido isobutírico (% molar); C₅: ácido valérico (% molar); IC₅: ácido isovalérico (% molar); C₂:C₃ relação acetato:propionato

Richardson et al., 1976, em estudo *in vitro*, ao utilizarem inóculo de animais alimentados com dietas predominantemente concentrada notou que diferentes concentrações de monensina diminuíram a produção de acetato, butirato, valerato e isovalerato e aumentaram propionato. E ao utilizar inóculo de animais alimentados com dietas predominantemente volumosa observaram que só houve efeitos na produção dos gases com o uso de concentrações mais elevadas de monensina. Ruiz et al. (2001)

observaram alterações similares no que diz respeito aos AGCC, quando utilizada a dose de 350 mg/ dia de monensina em vacas lactantes.

O teor médio do total de AGCC produzido em 24 e 96 h foram de 24,79 e 76,67 mmol (Tabela 14). Juntos os ácidos acético, propiônico e butírico representaram a maior parte dos AGCC produzidos (97,8 e 97,2 %), sendo a diferença restante (2,2 e 2,8%) referente aos demais AGCC produzidos, tais como: isovalérico, valérico e isobutírico.

A relação $C_2:C_3$ apresentou media de 1,25 e 1,55 para 24 e 96 h, respectivamente. Esses resultados se mostraram inferiores quando comparados com outros trabalhos. Russel (1998) ao avaliar parâmetros do fluido ruminal usado como inóculo para incubações *in vitro*, em dietas contendo 100 % de feno, obteve relação $C_2:C_3$ de 4,1. Getachew et al. (2005) ao trabalharem com bovinos alimentados por dietas compostas por volumosos e concentrados em diferentes proporções obtiveram valores de 2,30 a 2,41, além de não observarem variações significativas nas produções de AGCC, acetato, propionato, butirato em 24 horas de incubação *in vitro*.

Segundo Miller (1995), Johnson e Johnson (1995) e Mcallister et al. (1996), a emissão de CH_4 proveniente da fermentação ruminal depende principalmente do tipo de animal, nível de consumo de alimentos, quantidade de grãos na dieta, tipo de carboidratos presentes na dieta, estágio de crescimento da planta forrageira, processamento da forragem, tamanho de partícula, suprimento de minerais, manipulação da microflora ruminal, da digestibilidade dos alimentos e da adição de lipídeos e ionóforos.

Na Tabela 16 são apresentados os valores da produção do gás metano em 24 horas de incubação.

Tabela 16. Produção de gás metano (ml/ g MSD) durante 24 horas de incubação *in vitro*

	Tratamentos				Média	EPM	Prob.
	T0	T200	T400	T600			
CH₄	1,91	1,73	2,26	1,30	1,80	0,78	NS

EPM: erro padrão da média; Prob.: probabilidade estatística; NS: não significativo.

Não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) entre os tratamentos. McCaughey, Wittenberg e Corrigan (1997) também não demonstraram efeito da monensina em diminuir a produção de metano em novilhos sobre pastejo.

A produção média de metano no presente trabalho foi de 1,80 mL/gMSD. Oliveira (2012), trabalhando apenas com feno de capim croast-cross com PB de 8,64%, FDN de 77,82% e FDA de 45,11%, encontrou valor superior (8,78 mL/gMSD) para a produção de metano em 24hrs de incubação.

Kurihara et al. (1999) ao estudar a emissão de metano por bovinos da raça Brahman alimentados com três dietas distintas: feno de baixa qualidade, feno de alta qualidade e dieta rica em grãos, notaram maior ingestão de MS para dietas de feno de alta qualidade e dieta rica em grãos (7,07 e 7,31 kg/dia), sendo que o menor consumo foi observado nos animais que receberam a dieta com feno de baixa qualidade (3,58 kg/dia). Os autores observaram que o maior consumo de MS acarretou em maiores produções diárias de metano. Porém, ao avaliarem a produção de metano em gramas por quilo de matéria orgânica digestível, observaram valores de 75,4, 64,6 e 32,1 mL/KgMOD, para feno de baixa qualidade, alta qualidade e dietas à base de grãos, respectivamente.

Embora a produção de metano não tenha diferido com a inclusão de monensina, pode-se sugerir que o baixo volume de metano produzido pode estar associado à presença do suplemento no substrato avaliado.

5.4 CONCLUSÕES

Níveis crescentes de monensina diminuíram a produção potencial de gases e aumentaram o tempo de colonização e o fator de partição.

A produção de metano, degradabilidade da matéria seca e a produção de ácidos graxos de cadeia curta não foram influenciadas pelos níveis de monensina estudados.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A.L.; LOUVANDINI, H.; SALLAM, S.M.A.H. et al. In vitro evaluation, in vivo quantification, and microbial diversity studies of nutritional strategies for reducing enteric methane production. **Tropical Animal Health and Production**, v.44, p.953- 964, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Abastecimento. **Emissão de metano proveniente da pecuária**. Brasília: MAA; Embrapa Meio Ambiente, 2002. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/pecuar.htm#Index>. Acesso: 20 maio 2012.
- BELEOSOFF, B.F. **Potencial de produção de gases totais e metano *in vitro* de pastagens de Panicum maximum Jacq. cv. Tanzânia submetida a diferentes manejos de pastejo**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília. 2013. 145 p. Tese (Doutorado em Ciências Animais) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2013.
- BUENO, I.C.S.; ABDALLA, A.L.; CABRAL FILHO, S.L.S. et al. Comparasion of inocula from sheep and cattle for the in vitro gas production under tropical conditions. In: ANNUAL MEETING OF THE BRITISH SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, Scarcourough, 1999b. **Proccedings**. Penicuik: BSAS. 1999, p.151.
- BUENO, I.C.S.; CABRAL FILHO, S.L.S.; GOBBO, S.P. et al. Influence of inoculum source in a gas production methods. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 123-124, p.95-105, 2005.
- CLARK, H.; KLEIN, C.; NEWTON, P. **Potential management practices and technologies to reduce nitrous oxide, methane and carbon dioxide emissions from New Zealand Agriculture**. Ngaherehere, NZ: Ministry of Agriculture and Forestry, 2001. Disponível em: <<http://www.maf.govt.nz/mafnet/rural-nz/sustainable-resource-use/climate/green-houseasmigration/ghg-mitigation.htm>>. Acesso em: 22 maio 2013.
- COSTA, F.P. Avaliação econômica. In: MADUREIRA L. D. Dia de campo- sistema de produção de carne com Nelore. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 2000. Disponível em: <[http:// www.cnp gc.embrapa.br](http://www.cnp gc.embrapa.br)>. Acesso em: 20 maio, 2013.

- COTTON, W.R.; PIELKE, R.A. Human impacts on weather and climate. Cambridge: Cambridge University, 1995. 288p.
- ERWIN, E.S.; MARCO, G.J.; EMERY, E.M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Animal Science**, v.82, n.11, p.3314-3320, 2004.
- FRANCE, J.; DHANOA, M.S.; THEODOROU, M.K. A model to interpret gas accumulation profiles with *in vitro* degradation of ruminants feeds. **Journal of Theoretical Biology**, v. 163, p.99-111, 1993.
- FRANCO, F. M. J. **Consumo de monensina sódica via suplemento mineral por bovinos de corte em pastagens**. 2008. P.14. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2007.
- GARCIA, L. F. **Avaliação in vitro de diferentes aditivos sobre a emissão de metano, a degradabilidade da matéria seca, a produção de gases, e as concentrações de amônia e ácidos graxos voláteis**. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 2013. 34 p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2013.
- GETACHEW, G.; BLUMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S. et al. In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.72, p.261-281, 1998.
- GETACHEW, G.; ROBINSON, P.H.; DEPETERS, E.J. et al. Methane production from commercial dairy rations estimated using an in vitro gas technique. **Animal Feed Science and Technology**, v.123-124, p.391-402, 2005.
- JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. **Journal Animal Science**, Savoy, v. 73, n. 8, p. 2483-2492, 1995.
- KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2002. 140p.
- KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R. A.; MCCRABB, G. J. Methane production and energy partition of cattle in tropics. **British Journal of Nutrition**, Oxford, UK, v. 81, n. 3, p. 227-234, 1999.
- MAURÍCIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. et al. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 79, n. 4, p. 321-330, 1999.
- MCALLISTER, A.T.; OKINE, E.K., MATHISON, G.W.; CHENG, K.J. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants.

- Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.76, p. 231-243,1996.
- MCCAUGHEY, W.P.; WITTENBERG, K.; CORRIGAN, D. Methane production by steers on pasture. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 77, n. 3, p. 519-524, 1997.
- MILLER, T.L. Ecology of methane production and hydrogen sink in the rumen. In: ENGELHARDT, W.V., LEONHARD-MAREK, S., BREVES, G., GIESECKE, D. (Eds.). **Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction**. Ferdinand: Enke Verlag, 1995. p. 317-332.
- NOGUEIRA, U.T.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Predição da degradação da material seca pelo volume de gases utilizando a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.58, p.901-909, 2006b.
- OLIVEIRA, L.N. **Composição química e potencial de emissão de metano de reíduos da bananicultura para ruminantes**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2012.
- RANGEL, A.H.N. et al. Utilização de ionóforos na produção de ruminantes. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, [S.l.], v. 8, p. 264-273, 2008.
- RICHARDSON, L.F.; RAUN, A.P.; POTTER, E.L.; COOLEY, C.O. Effect of monensin in rumen fermentation in vitro and in vivo. **Journal of Animal Science**, v. 43, n. 3, p. 657-664, 1976.
- RIVERA, A.R.; BERCHIELLI, T.T.; MESSANA, J.D. et al. Fermentação ruminal e produção de metano em bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85 e concentrado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.617-624, 2010.
- RUIZ, R.; ALBRECHT, G. L.; TEDESCHI, L.O. et al. Effect of monensin on the performance and nitrogen utilization of lactating dairy cows consuming fresh forage. **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 7, p. 1717-1727, 2001.
- RUSSELL, J.B. The importance of pH in the regulation of ruminal acetate to propionate ratio and methane production in vitro. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.3222–3230, 1998.
- THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S.; McALLAN, A.B.; FRANCE, J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 48, n. 3-4, p. 185-197, 1994.

USEPA.UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY.Evaluating Ruminant Livestock Efficiency Projects and Programs. In: **Peer Review Draft**. Washington. D.C.: USEPA, 2000. 48 p.

USEPA.UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY.**Ruminant livestock**. Washinfon: EPA, 2004. Disponível em: <<http://www.epa.gov/rlep/sustain.htm>> Acesso em : 25 maio 2013.