

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO
JEQUITINHONHA E MUCURI

OLINTA LEONE COTA

EMIÇÃO DE METANO POR BOVINOS NELORE SUBMETIDOS A
DIFERENTES PLANOS NUTRICIONAIS

DIAMANTINA - MG
2013

OLINTA LEONE COTA

**EMIÇÃO DE METANO POR BOVINOS NELORE SUBMETIDOS A DIFERENTES
PLANOS NUTRICIONAIS**

‘
Dissertação apresentada à Universidade Federal dos
Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

Orientadora: Prof.^a Darcilene Maria de Figueiredo
Coorientadora: Pesq. Renata Helena Branco Arnandes

DIAMANTINA - MG
2013

Ficha Catalográfica - Sistema de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecária: Jullyele Hubner Costa CRB-6/2972

C843e Cota, Olinta Leone
2013 Emissão de metano por bovinos Nelore submetidos a diferentes planos nutricionais. / Olinta Leone Cota. – Diamantina: UFVJM, 2013. 52 p. : il.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Darcilene Maria de Figueiredo
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Renata Helena Branco

Dissertação (mestrado) –Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Faculdade de Ciências Agrárias. Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2013.

1. Fermentação. 2. Pastagem. 3. Silagem de milho. 4. Urochloa brizantha. I. Figueiredo, Darcilene Maria de. II. Branco, Renata Helena. III. Título.

CDD 636.0855

Elaborada com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

OLINTA LEONE COTA

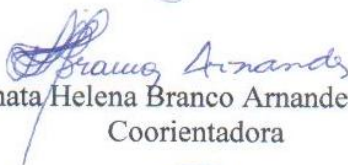
**EMIÇÃO DE METANO POR BOVINOS NELORE SUBMETIDOS A DIFERENTES
PLANOS NUTRICIONAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos
Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

APROVADA em 05/09/2013



Prof.ª Darcilene Maria de Figueiredo – UFVJM
Orientadora



Pesq. Renata Helena Branco Arnandes – IZ/APTA
Coorientadora



Pesq. Mário Henrique França Mourthé – UFVJM

DIAMANTINA – MG
2013

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e irmãos.
Ao meu sobrinho Emanuel.

AGRADECIMENTO

Apreendi que devemos, sempre, agradecer por tudo que acontece em nossas vidas. Nunca sabemos o que Deus tem pra nos dar, mas Ele conhece nossos corações, nossos medos e nossas necessidades e tudo acontece no Seu tempo. Obrigada, Deus, por que és meu amigo e sempre comigo, iluminando o meu caminho e guiando meus passos!!

Agradeço aos meus pais por confiarem em mim. Pelo amor incondicional, pelos valores que me ensinaram, exemplos de fé, caráter e honestidade. Ensinaamentos tais, primordiais na minha vida, seja profissional ou pessoal. Aos meus irmãos, pelo incentivo e carinho. Ao meu sobrinho Emanuel, que, só de lembrá-lo, meu coração saltita de alegria e com sua ingenuidade de criança, acha que estive esse tempo todo na escola colorindo.

Às minhas amigas Sil, Gabi e Tati, que me incentivaram a seguir... e não desistir e hoje aqui estou... E sempre com vocês ao meu lado!! Muito obrigada!!

À Profª Dra. Darcilene Maria de Figueiredo, pela oportunidade, orientação e confiança.

A todos os pesquisadores do Instituto de Zootecnia de Sertãozinho; pela confiança e disposição em ajudar no que fosse possível. Em especial à Profª Dra Renata Helena Branco, pela orientação. À Dra Maria Eugênia Zerlotti Mercadante e ao Dr. Enilson Geraldo Ribeiro, sempre solícitos.

Agradeço, também, a TODOS os funcionários do IZ. Em especial à Clésia, “Seu” Brás, Josi, Frá, Sr. Nena, Sr. Zé, Dona Tete, Dona Irma, Rô, Estela. Difícil nomear todos. MUITO OBRIGADA!!

Aos companheiros diários, Luiza, Gustavo, Guilherme, Henrique e Bruno: a ajuda de vocês foi essencial!! Muito obrigada. Foram momentos de muito serviço, mas, também, de muitas diversões. Obrigada pela paciência e obrigada Luiza, mais uma vez, sempre muito solícita e companheira. E aos companheiros e amigos que fiz ao longo do tempo que estive no IZ, Julian, Lola, André, Ana, Leandro, Pedro... Obrigada pelas conversas, conselhos, risadas e muitas risadas.

Às minhas companheiras especiais, Laine e Cleisy... Muito obrigadaa!! Serei sempre grata, mais que pela ajuda nos serviços diários, mas ensinamentos, pela paciência, pelo incentivo, pelos conselhos, pela solidariedade. Vocês são meus exemplos de caráter e profissionalismo. Muito obrigada por acreditarem em mim e me fazer sentir melhor a cada dia que estive ao lado de vocês! Muito obrigada pela dedicação! Muito obrigada pelas risadas... apesar de saber que riam mais de mim do que para mim, né!? Rsrs... Muito obrigada pelos “relaxaa” enquanto eu me descabelava... Muito obrigada por fazerem parte da minha vida.

Aos estagiários... “bichete”, Cinthia, Gabi, Amanda, Murilo, Willian, nossa foram tantos... Obrigada a todos!!

Aos meus amigos e familiares de BH, que souberam entender a minha ausência e mesmo brigando por eu demorar aparecer sempre me apoiaram e torceram por mim, em especial Aline e Cris, a minha vó, às minhas madrinhas... Obrigada pelo carinho e orações.

À Sil, nossa... exemplo de companheirismo e amizade. Sempre serena e disposta a fazer o que for preciso para me ajudar, para me animar. MUITO OBRIGADA Sil, você é essencial para mim!!

E é claro... ao meu amigo, meu companheiro, meu conselheiro, meu porto seguro, minha calma, meu refúgio, meu amor, Eduardo Guariglia... OBRIGADA!! Obrigada pela paciência, pelo carinho, incentivo, pela compreensão, pela confiança, disposição e por estar sempre ao meu lado não medindo esforços.

A todos os professores do DZO – UFVJM, pelos ensinamentos!

Ao prof. Dr. Mário Henrique França Mourthé, obrigada!

Aos amigos de Diamantina... Valéria, Batutinha, Leonora, João, Danilo, Fialho, Hudson... Obrigada pelos ótimos momentos compartilhados nesta cidade maravilhosa!

À Elizângela, secretária da PPGZOO, sempre disposta a ajudar!!

Obrigado a Mônica e Janaína por serem sempre solícitas.

À CAPES e FAPESP, pelos investimentos no projeto.

Ao Alexandre Berndt e Dra. Rosa Friguetto da Embrapa.

E a todos que contribuíram para realização desse trabalho, seja direta ou indiretamente, muito obrigada!!

BIOGRAFIA

Olinta Leone Cota, filha de Antônio Rafael Cota e Sônia Maria dos Santos Cota, nasceu em Belo Horizonte, estado de Minas Gerais, Brasil, no dia 24 de julho de 1987. Em 2007, iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Participou da Empresa Júnior de Zootecnia da UFVJM, de 2008 a 2010. Integrou o Núcleo de estudos em pecuária leiteira nos anos de 2009 a 2011. Participou do programa de iniciação científica voluntária pelo setor de Ciência e Tecnologia de Produtos de Origem Animal – CTPOA, durante os anos de 2010 e 2011. Concluiu a graduação em julho de 2011. Em agosto de 2011, foi admitida no curso de pós-graduação, em nível de mestrado, na área de concentração em produção animal, na linha de pesquisa nutrição e produção animal, pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Em 05 de setembro de 2013, submeteu-se aos exames finais de defesa de dissertação para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

RESUMO

COTA, Olinta Leone. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, setembro de 2013. 52p. **Emissão de metano por bovinos Nelore submetidos a diferentes planos nutricionais.** Orientadora: Darcilene Maria de Figueiredo. Coorientadora: Renata Helena Branco Arnandes. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

Objetivou-se avaliar o consumo e digestibilidade dos nutrientes da dieta e mensurar a emissão de metano de bovinos Nelore submetidos a diferentes planos nutricionais. O experimento foi conduzido no Centro APTA Bovinos de Corte, Instituto de Zootecnia - Sertãozinho-SP. Para tal, no ano de 2012, em sistema de confinamento, 47 bovinos da raça Nelore foram utilizados e receberam dieta à base de silagem de milho durante 35 dias, no período de novembro e dezembro do mesmo ano. Após o confinamento, esses mesmos animais foram alocados em piquetes de *Urochloa brizantha* cv Marandu, no período das águas, nos meses de dezembro, janeiro, e fevereiro, por período experimental de 44 dias, e submetidos às mesmas avaliações. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo o plano nutricional de cada período avaliado constituiu um tratamento e cada animal uma repetição. Para determinação da excreção fecal e a partir dela obter-se o consumo de matéria seca do pasto, foi fornecido aos animais o indicador óxido crômico e o indicador dióxido de titânio para a estimativa do consumo individual de suplemento. Amostras de fezes foram coletadas por 3 dias consecutivos, em horários predeterminados e amostras dos ingredientes e do pasto foram coletadas e amostradas durante o período experimental e todas conservadas congeladas para posteriores análises bromatológicas. Para obtenção das estimativas dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) e dos nutrientes (DN), utilizaram-se as fórmulas: $DMS = [(Consumo\ de\ MS - Excreção\ fecal) / Consumo\ de\ MS] \times 100$; $DN = [(Consumo\ de\ nutriente - Excreção\ do\ nutriente\ nas\ fezes) / Consumo\ de\ nutriente] \times 100$ para o plano nutricional confinamento e $DMS = 100 - (100 \times \%FDNi\ no\ alimento) / (\%FDNi\ nas\ fezes)$; $DN = 100 - (100 \times \%FDNi\ no\ alimento \times \%nutriente\ nas\ fezes) / (\%FDNi\ nas\ fezes \times \%nutriente\ no\ alimento)$ para o plano nutricional pastejo no período das águas. Para quantificação do metano, utilizou-se a técnica do gás traçador SF₆. As análises estatísticas foram feitas utilizando o procedimento GLM do SAS e no modelo de análise foram incluídos os efeitos fixos de sexo e dieta e o efeito linear da covariável peso. As médias foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e foram analisadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Os consumos de matéria seca total e de matéria orgânica diferiram entre os tratamentos, sendo maior para a dieta no confinamento ($P < 0,05$). A digestibilidade da matéria seca foi maior no confinamento enquanto que a digestibilidade da matéria orgânica foi menor nesse tratamento ($P < 0,05$). A emissão CH₄/dia (104,01g) pelos animais quando no plano nutricional confinamento ($P < 0,05$) foi maior, porém, a perda de energia consumida para produção de metano (CH₄/CEB) foi menor em relação ao plano nutricional período das águas. No confinamento, obteve-se menor emissão de metano por consumo de matéria seca que os demais tratamentos ($P < 0,05$). A melhor qualidade da dieta no confinamento proporcionou melhores resultados em relação à emissão de metano, demonstrando que o manejo alimentar pode ser uma importante estratégia para a mitigação de tal gás produzido por ruminantes, gerando sistemas mais produtivos e sustentáveis.

Palavras-chave: Fermentação, pastagem, silagem de milho, *Urochloa brizantha*.

ABSTRACT

COTA, Olinta Leone. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. September 2013. 52p. **Methane emission by Nelore submitted to different nutritional plans.** Adviser: Darcilene Maria de Figueiredo. Co-adviser: Renata Helena Branco Arnandes. Dissertation (Master's degree in Animal Science)

This study aimed to evaluate the consumption digestibility of nutrients and measure methane emissions from Nelore under different nutritional plans. The experiment was conducted at the Centro APTA Bovinos de Corte, Instituto de Zootecnia - Sertãozinho - SP. For such experiment, in 2012, in feedlot, 47 Nelore bulls were used and were fed a diet based on corn silage during 35 days between November and December of the same year. After confinement, these same animals were placed in paddocks *Urochloa brizantha* Marandu in rainy period, in the months of December, January, and February for trial period of 44 days and submitted the same evaluations. To estimate fecal output and from it obtain the dry matter intake of pasture was fed to animals marker chromic oxide and titanium dioxide indicator for estimate individual consumption supply. Fecal samples were collected for 3 consecutive days, at predetermined times and samples of ingredients and pastures were collected and sampled during the experimental period and all stored frozen for subsequent chemical analysis. To obtain estimates of the coefficients of apparent digestibility of dry matter (DMD) and nutrients (DN), we used the formulas: $DMS = [(\text{consumption MS} - \text{fecal excretion}) / \text{consumption MS}] \times 100$; $DN = [(\text{nutrient intake} - \text{nutrient excretion in feces}) / \text{nutrient consumption}] \times 100$ para nutritional plan containment and $DMS = 100 - (100 \times \text{NDFi \% in food}) / (\% \text{NDFi faeces})$, $DN = 100 - (100 \times \% \text{NDFi in food} \times \% \text{nutrient in feces}) / (\% \text{NDFi faeces} \times \% \text{nutrient in food})$ for nutritional plan grazing during the rainy season. For methane qualification, we used the technique of trace gas SF₆. As statistical analyzes were performed using the GLM procedure of SAS in the analysis model and the fixed effects of sex and diet and the linear effect of the covariate weight were included. Means were adjusted by the least squares method and were analyzed by Tukey test at 5% of probability. The intakes of dry matter and organic matter differed between treatments, being higher for the diet in confinement ($P < 0,05$). The digestibility of dry matter was higher in confinement while the organic matter digestibility was lower in this treatment ($P < 0,05$). The issue CH₄/day (104,01 g) by the animals when the nutritional plane confinement ($P < 0,05$) was higher, however, the loss of energy consumed to produce methane (CH₄/CEB) was lower compared to the nutrition plan rainy season. In confinement, gave lower emissions of methane per dry matter intake than the other treatments ($P < 0,05$). The best quality of the diet in confinement provided better results in relation to methane emission, showing that feeding management can be an important strategy to mitigate this gas produced by ruminants, generating more sustainable and productive systems.

Keywords: Fermentation, pasture, corn silage, *Urochloa brizantha*

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 01 - Precipitação pluviométrica total e temperatura média da região de Sertãozinho, SP, durante os anos de 2012 e 2013.....	24
GRÁFICO 02 - Disponibilidade da pastagem (%), com base na MS de matéria seca potencialmente digestível (MSpd), folha verde, colmo verde e material morto (MM), no período das águas.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Percentual dos ingredientes e composição química da dieta com base na MS, nos diferentes planos nutricionais.....	33
Tabela 2. Médias, erros-padrão médio e erros-padrão dos consumos dE nutrientes em quilos por dia (kg/dia) e em gramas por peso corporal (g/kgPC) de bovinos Nelore, submetidos a diferentes planos nutricionais.....	35
Tabela 3. Médias, erros-padrão médio e erros-padrão dos valores de digestibilidade aparente total dos nutrientes da dieta, obtidos em bovinos Nelore, submetidos a diferente planos nutricionais pastejo no período da seca, confinamento e pastejo no período das águas.....	38
Tabela 4. Médias, erros-padrão médios de e erros-padrão do peso vivo médio (PV), e emissão de metano em bovinos submetidos a diferentes planos nutricionais.....	39

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. Produção e emissão de metano por ruminantes	15
2.2. Produção de metano x dieta	17
2.3. Técnicas para quantificar o metano entérico	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1. Animais e Instalações	25
3.2. Coleta de dados	25
3.3. Análises estatísticas	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5. CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1 – INTRODUÇÃO

O aumento dos “gases de efeito estufa” (GEE) na atmosfera tem sido apontado como uma das principais causas das mudanças climáticas, porque agravam o potencial de aquecimento global. Uma das fontes produtoras de gás metano (CH_4) são os ruminantes, durante o processo digestivo de fermentação entérica, e essa representa significativa perda de energia do alimento consumido, o que acarreta em ineficiência alimentar e produtiva. Além disto, a degradação dos dejetos produz metano, e, assim, os ruminantes são considerados grandes contribuintes para o aquecimento global, devido à liberação de tal gás (IPCC, 2006). Diante desses fatores e da crescente preocupação com a preservação do meio ambiente, diversos estudos dos mecanismos de produção de metano entérico pelos ruminantes e dos fatores que afetam tal produção vem sendo realizados, na busca de estratégias que melhorem a produtividade e reduzam os impactos causados pela pecuária, atividade essa de suma importância para economia do Brasil.

Um importante determinante da produção e emissão diária de metano pelos bovinos é a composição e a quantidade de dieta consumida (BLAXTER e CLAPPERTON, 1965; BENCHAAAR et al., 1998). O tipo, a natureza e a taxa de fermentação dos carboidratos influenciam a proporção individual dos ácidos graxos de cadeia curta, e, assim, a quantidade de íons hidrogênio liberados no rúmen, e, conseqüentemente, na produção de metano pelos ruminantes. Dietas fornecidas com maior quantidade de carboidratos não fibrosos (alto grão) favorecem a produção de propionato e resultam em menor produção de metano por unidade de matéria orgânica fermentável, do que dietas à base de carboidratos fibrosos (forragem), sendo que essa última irá favorecer maior produção de acetato e aumentar a produção de metano por unidade de matéria orgânica fermentável (JOHNSON e JOHNSON, 1995).

Segundo Pedreira et al. (2009), a relação parede celular:conteúdo celular e a constituição da parede celular das plantas forrageiras são os principais fatores envolvidos na produção de metano. No caso do Brasil, onde a produção animal, é, em sua maior parte, em sistemas a pasto, sabe-se que animais, recebendo dietas utilizando forragens de boa qualidade, com menor proporção de parede celular, podem apresentar redução na produção de metano. Assim, o manejo alimentar adequado torna-se grande estratégia para mitigação da emissão de metano entérico por bovinos, ensejando sistemas de produção econômicos e sustentáveis.

Fatores intrínsecos aos animais, como características genéticas, microflora ruminal, volume do rúmen, capacidade de seleção de alimentos, tempo de retenção dos alimentos no

rúmen e as associações de fatores que conduzem à maior ou menor capacidade de digestão da fibra dos alimentos interferem na emissão de metano entérico (HAMMOND et al., 2009).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o consumo e a digestibilidade dos nutrientes da dieta, bem como mensurar a emissão de metano entérico em bovinos Nelore, submetidos a diferentes planos nutricionais, em sistema de confinamento e sob pastejo de *Urochloa brizantha* cv Marandu.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Produção e emissão de metano por ruminantes

A interação entre os fatores de produção animal e o impacto ambiental causado por esta atividade tem sido, cada vez mais, o objetivo de pesquisas relacionadas às mudanças climáticas mundiais. Atividades agrícolas contribuem, significativamente, para as emissões globais de gases de efeito estufa (GEE), e, consequente, o aquecimento global. Nomeadamente, esses gases são o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e amônia (NH_3) (IPCC, 2006).

O metano é um gás inodoro e incolor. Sua molécula é um tetraedro apolar, de pouca solubilidade na água, e, quando adicionado ao ar, se transforma em mistura de alto teor explosivo, contribuindo, assim, para o efeito estufa (VIEIRA et al., 2010). O potencial de aquecimento global do CH_4 em base de massa, é 23 vezes maior que a do CO_2 , em um horizonte de tempo de 100 anos (IPCC, 2001).

Emitido a partir de fontes antrópicas e naturais, o metano é liberado em quantidades significativas para a atmosfera. As atividades humanas relacionadas incluem a produção de combustíveis fósseis, criação de animais (processo digestivo dos ruminantes e a produção de estrume de animais), terras cultivadas, queima de biomassa, tratamentos de água e esgoto (USEPA, 2010).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009), a atividade agropecuária contribui com 22% do total da produção de gases do efeito estufa no Brasil. Com relação à produção de gás metano, a atividade agropecuária participa com 70,5% do total, sendo que 62,5% são provenientes da produção por bovinos (metano advindo da fermentação do alimento ao longo do trato digestório). Para a pecuária de corte, cabem 56,4%, provenientes dos processos fermentativos, e 1,4%, referente ao manejo de dejetos, totalizando, assim, 57,8% do total de metano produzido pela agropecuária.

Em ruminantes sob condições anaeróbicas, o metano, um subproduto da digestão de carboidratos, é produzido por microrganismos metanogênicos do grupo *Archaea*, presentes no ambiente ruminal e intestinal (*Methanobrevibacter* spp., *Methanomicrobium* spp., *Methanosarcina* spp., *Methanobacterium* spp., etc.) (LASSEY et al., 1997; ARCURI et al., 2006a). O excesso de hidrogênio produzido durante a fermentação de carboidratos e proteínas, para subsequente formação de ácidos graxos voláteis (acetato e butirato), é utilizado na formação da amônia (NH_3) e esqueleto de carbono, os quais são essenciais para o crescimento microbiano, biohidrogenação de ácidos graxos insaturados e produção de ácido graxo (propionato e valerato), e o restante seria completamente utilizado para a produção de

metano (BENCHAAAR et al., 2001). A utilização dos hidrogênios é necessária para os processos enzimáticos, sendo, portanto, a produção de metano uma forma de drenar tal elemento e manter o equilíbrio ruminal.

Além do hidrogênio, outros substratos podem ser utilizados pelas metanogênicas como precursor de metano, CO₂, formato, acetato, metanol e metilaminas, mas são menos importantes como precursores do metano do que o hidrogênio (HUNGATE et al., 1970). O ciclo de formação do metano pelas *Archaeas*, a partir do CO₂, envolve a captação de quatro moléculas de H₂.

Os principais fatores que afetam a produção de metano nos ruminantes são pH, ácidos graxos de cadeia curta, dieta, estratégia de alimentação, espécies animais e estresses ambientais. O pH ótimo para a produção de metano é 7,0 a 7,2, mas a produção de gás pode ocorrer no intervalo de 6,6 a 7,6. No entanto, para além deste intervalo, a atividade de bactérias fermentadoras de carboidratos fibrosos diminui (ARGYLE e BALDWIN, 1988).

Segundo Lassey (2002), diferentes quantidades de metano podem ser produzidas por animais zebuínos, taurinos e seus cruzamentos, e estas variações podem estar associadas às distintas características dos animais, tais como volume do rúmen, capacidade de seleção de alimentos, tempo de retenção dos alimentos no rúmen e às associações de fatores que conduzem à maior ou menor capacidade de digestão da fibra alimentar. Desta forma, podemos observar que, além de fatores nutricionais (quantidade e tipo de carboidratos na dieta, nível de ingestão de alimento, presença de ionóforos ou lipídios) e ambientais (temperatura e manejo dos animais), as características intrínsecas aos animais são importantes causas das variações na eficiência da utilização da energia ingerida e das consequentes quantidades de metano produzidas no rúmen.

Além da dieta, o aumento na taxa de fermentação, aumento na taxa de passagem da digesta, decréscimo da ruminação ou do pH poderão reduzir a quantidade de metano disponível para a formação de metano (NUSSIO et al., 2011).

No Brasil, a maior parte da produção bovina de corte está fundamentada em pastagens. Assim, as emissões de metano são altas, porém, poderiam ser reduzidas, com a suplementação do gado a pasto e manejo adequado das pastagens. Outras práticas que também poderiam contribuir com a redução das emissões de metano na atividade pecuária estão relacionadas ao aumento da produtividade animal, por meio do controle de zoonoses e doenças, melhoramento genético, melhoramento das taxas de reprodução, de intervalos de partos, enfim, melhor eficiência de produção.

2.2 – Produção de metano x dieta

A dieta é fator de suma importância em relação à produção de metano, pois a composição e quantidade é que irão determinar os microrganismos que atuarão na fermentação do alimento ingerido, sendo os metanogênicos os mais sensíveis às variações do ambiente ruminal em relação à taxa de fermentação, taxa de passagem da digesta e pH. (VALADARES FILHO et al., 2006).

Os carboidratos representam a maior parte da dieta dos ruminantes, e a fermentação tem como produto os ácidos graxos de cadeia curta (entre eles, destacam-se o acetato, propionato e butirato), que são as principais fontes de energia para os animais.

Segundo Mertens (1992), os carboidratos fibrosos representam a celulose e a hemicelulose, fração esta que exige maior tempo para ser degradada em relação aos carboidratos não fibrosos, que incluem a pectina, amido e açúcares, sendo rapidamente degradáveis.

No Brasil, a principal fonte de alimento nos sistemas de criação de bovinos são as forrageiras tropicais. As pastagens são formadas, principalmente, por espécies do gênero *Urochloa* e apresentam produção (quantitativa e qualitativa) distribuída em dois períodos distintos: estação chuvosa e quente e estação seca e fria (BRITO, 2004). A *Urochloa brizantha* cv. Marandu é uma gramínea forrageira perene de hábito de crescimento cespitoso, formando touceiras de até 1,0 m de diâmetro e perfilhos com altura de até 1,5 m. Apresenta boa adaptação e produção de forragem em solos de média fertilidade natural; excelente comportamento em solos arenosos; sistema radicular profundo, o que permite a obtenção de água durante os períodos de seca; requer solos bem drenados e não tolera o encharcamento prolongado; resistente ao ataque das cigarrinhas das pastagens; apresenta maior palatabilidade que as outras espécies do gênero, sendo, portanto, bastante utilizada (COSTA et al., 2004).

O sistema de pastejo é o mais adotado por seu baixo custo e maior praticidade (PAULINO et al., 2006), sendo que, para se obter uma dieta à base de volumoso de alta qualidade, deve-se preocupar com os teores nutricionais da forrageira, e, para que esses se expressem, é necessário manejo adequado do solo, da planta e do pastejo, dentro das condições climáticas.

Canesin (2009) verificou que a produção de metano em bovinos Nelore, mantidos em pastagem de *Urochloa brizantha* cv Marandu e submetidos a diferente frequência de suplementação, foram de 7,4 g/h e 176,8 g/dia no mês de setembro, e no mês de novembro 13,0 g/h e 311,0 g/dia e relacionou a maior produção de metano encontrada no mês de novembro à qualidade da forragem disponível neste mês, a qual apresentou frações mais

digestíveis para o consumo, e, assim, maiores digestibilidade e velocidade de fermentação, propiciando maior quantidade de substrato para os microrganismos metanogênicos.

Demarchi et al. (2003) observaram que a variação química da forragem foi a primeira causa de diferenças de emissão de metano entre as estações, o que afetou a digestibilidade, e, consequentemente, a ingestão alimentar em bovinos Nelore, submetidos a pastejo em *U. brizantha*, durante diferentes épocas do ano. A taxa de conversão de metano ou a perda de energia digestível como metano foi maior no verão (14,0%) e primavera (10,6%), mostrando uma tendência de valores mais baixos no inverno (11,9%). Os teores de fibras inferiores (FDN e FDA) durante a primavera foram as principais causas de menor emissão de metano por consumo de matéria seca. Durante o verão, o maior valor na emissão de metano entérico foi devido aos componentes de fibra de alta digestibilidade.

Segundo Hook et al. (2010), na criação de bovinos em ambiente tropical mantidos em pastagens, a produção e emissão de metano entérico são afetadas pela constituição morfológica e composição química das plantas forrageiras desse ambiente. Além disso, a temperatura ambiental também pode afetar a produção desse gás, tanto indiretamente pela interferência na composição química das plantas, como de forma direta, com alterações no comportamento ingestivo do animal e nas características da digestão.

McAllister et al. (1996) sugeriram que o fornecimento de alta qualidade da forragem na alimentação de ruminantes e sistemas de pastejo reduzem as emissões de metano. A produção de metano é inversamente relacionada com a produção de propionato e positivamente relacionada com a relação acetato:propionato (JOHNSON e JOHNSON, 1995). Assim, animais que se alimentam de maiores quantidade de forragens irão propiciar maior formação de acetato e consequente liberação de hidrogênios, que poderão ser utilizados para a formação do metano.

O estágio de maturidade, método de conservação e processamento físico da forragem também influenciam a produção de metano. Em geral, sua produção tende a aumentar quanto maior for o estágio de maturação da planta ingerida, sendo que, menor produção é encontrada na ingestão de forragens ensiladas, quando comparadas à ingestão de forragens frescas (SHIOYA et al., 2001). Forragens que possuam as propriedades de diminuir a taxa de digestão ou prolongar a permanência de partículas no rúmen, geralmente aumentam a quantidade de metano produzida por unidade de forragem digerida (McALLISTER et al., 1996).

Moss et al. (2000) estimaram que o aumento de 25% do nível de carboidratos não fibrosos da dieta, teria, como resultado, uma redução na produção de CH₄ de,

aproximadamente, 20%. Isso ocorre por haver maior produção de propionato, que pode ser considerado um competidor das vias de uso do hidrogênio, ao contrário do acetato e butirato, que favorecem a formação de metano.

De acordo com Benchaar et al. (2001), a partir de modelos matemáticos, encontraram que, o aumento do consumo de MS e da proporção de concentrado na dieta, reduz a produção de CH_4 de 7 a 40%. Os autores encontraram que, a produção de CH_4 diminuiu 22% com a substituição de alimento fibroso por alimentos com maiores teores de amido, e com a utilização de menos amido degradável no rúmen (17%). A utilização de forragem mais digestível resultou em redução da produção de CH_4 de 15 a 21%. A produção de CH_4 foi menor com leguminosas forrageiras do que com gramíneas (28%) e com a silagem, em comparação ao feno (20%), devido à melhor digestibilidade, permitindo um maior consumo, e, conseqüentemente, maior taxa de passagem.

Harper et al. (1999) observaram que, bovinos em pastagem de baixa qualidade, com alto teor de fibras, apresentaram maior produção de CH_4 (cerca de quatro vezes), em comparação com bovinos alimentados com dietas de alto grão. Isto correspondeu à conversão de 7,7 a 8,4% de energia bruta em CH_4 , quando consumiram fibra de baixa qualidade e apenas 1,9 a 2,2%, quando consumiram dieta de alto grão.

Kurihara et al. (1999), trabalhando com bovinos da raça Brahman, alimentados com forrageiras tropicais do norte da Austrália, observaram maior produção de metano (g/dia), em relação ao encontrado em estudos com forrageiras temperadas e associação linear positiva entre conversão alimentar e produção de metano. Eles atribuíram esses resultados à menor energia metabolizável disponível nas forrageiras utilizadas, visto que a produção de metano está relacionada com a partição de energia da dieta, indicando que a melhoria da qualidade da dieta é um meio prático de reduzir a emissão de metano.

Estudos realizados por Esteves et al. (2010), utilizando bovinos de corte da raça Nelore e cruzado Nelore x Angus, Nelore x Canchim, Canchim e cruzados (Nelore x Canchim e Angus) e Canchim, mostraram, também, que a emissão de metano por kg de ganho de peso vivo foi maior para os animais a pasto (276 g CH_4 /kg ganho PV) do que os confinados (120 g CH_4 /kg ganho PV), com redução de 56,5%, devido ao maior ganho de peso diário obtido. Os animais que obtiveram maior média diária de ganho de peso vivo produziram menor quantidade de metano (kg CH_4 /kg PC ganho), pois ocorre redução na produção de metano por quilo de carne produzida. Estes dados demonstram que, a utilização de animais capazes de apresentar melhores ganhos diários de peso vivo, tanto a pasto como em confinamento, aliado a sistema de produção mais produtivo (semi-intensivo, intensivo ou SILP), pode ser eficiente

tanto econômica quanto ambientalmente, sem alterar, significativamente, a taxa de emissão de metano (g/dia).

Dietas de alto grão ($\geq 90\%$), como as comumente utilizadas em confinamento dos EUA, podem reduzir as perdas por metano para 2 a 3% de energia bruta. Quando fornecidas fontes de fibras altamente digeríveis, como polpas de beterraba com altos níveis de ingestão, perdas por metano foram de 4 a 5% de energia bruta. Com dietas mistas, a quantidade de CH_4 produzida dependerá do nível e tipo de grão na dieta e dos resultados da fermentação (JOHNSON e JOHNSON, 1995).

Pedreira et al. (2004), trabalhando com bovinos mestiços, recebendo dietas à base de silagem de sorgo, milho e farelo de soja, com diferentes relações de volumoso:concentrado, observaram que a perda de metano foi reduzida em 33%, quando houve inclusão de 60% de concentrado às dietas em relação ao fornecimento exclusivo de volumoso, indicando maior eficiência de utilização de energia dos alimentos. Esses autores atribuíram isso ao maior consumo de matéria orgânica, ao aumento da taxa de passagem, à maior produção de ácido propiônico e a ocorrência de um ambiente desfavorável às bactérias celulolíticas.

Alguerre et al. (2011), trabalhando com vacas holandesas recebendo diferentes proporções de forragem e concentrado, observaram aumento na emissão de CH_4 g/dia e CH_4 g/kg de matéria seca consumida, em consequência do aumento de FDN consumido. Porém, não observaram diferenças entre as dietas na relação CH_4 g/kg de FDN consumido. Eles sugeriram que os trabalhos futuros explorassem a relação CH_4 e consumo de FDN e FDN digestível, pois estas variáveis poderiam contribuir para previsão da emissão de CH_4 em diferentes condições.

O aumento do uso de grãos para melhorar a eficiência alimentar e reduzir a produção de metano por produto animal deve levar em consideração o aumento da utilização de combustíveis fósseis nas máquinas e como fertilizantes (nitrogênio) no solo, o que pode contribuir para a emissão de GEE. Essas questões devem ser avaliadas em termos de contribuição líquida e se haverá uma redução de emissões de GEE. Os custos associados com alimentação com grãos ao invés de alimentação forrageira também devem ser avaliados ao adotar tal estratégia. Além disso, a decisão de aumentar a utilização de grãos em dietas para bovinos para reduzir a produção de metano, deve levar em conta a importância de ruminantes em converter alimentos fibrosos, impróprios para o consumo humano, em fontes de proteína de alta qualidade, ou seja, leite e carne. A implementação de tais estratégias deve, portanto, ser equilibrada com a redução resultante na emissão do metano (BOADI et al., 2004)

Observa-se, então, que a composição do alimento leva a interação entre fatores que irão afetar na fermentação, e, conseqüentemente, na formação do metano, como taxa de passagem, tempo de retenção, taxa de degradação, presença e atuação de microrganismos (PEREIRA et al., 2006).

Com o objetivo de modificar a fermentação ruminal e atingir maior produtividade na produção de ruminantes, têm-se utilizado aditivo tais como ionóforos e ácidos orgânicos na alimentação, de forma a aumentar a eficiência alimentar desses animais, e, ainda, reduzir a produção de metano. Segundo Johnson e Johnson (1995), estratégias para aumentar a qualidade da forragem fornecida, o uso de carboidratos não estruturais e de aditivos como os ionóforos, leveduras e ácidos graxos poliinsaturados melhoram a digestibilidade da dieta e a eficiência do metabolismo energético, diminuindo a emissão de metano.

Os ionóforos são antibióticos formados por moléculas altamente lipofílicas. Em função disso, acoplam-se à membrana das bactérias gram-positivas e permitem passagem de sódio e prótons para o interior celular, dissipando o gradiente eletroquímico em nível de membrana. Isso diminui a entrada de substratos fermentáveis na célula e o metabolismo celular. A dupla camada de membranas das bactérias gram-negativas torna-se resistente aos ionóforos. Devido à redução da atividade fermentativa das bactérias gram-positivas, há menor produção de H_2 e CO_2 e menor oxidação de aminoácidos no rúmen. Conseqüentemente, diminui a produção de metano e de amônia. Os ionóforos também aumentam a produção de propionato no rúmen, principalmente por favorecer o crescimento de bactérias gram-negativas produtoras desse ácido. O aumento da eficiência alimentar em animais que recebem ionóforos é resultado do aumento da produção de propionato, da redução de energia perdida na forma de metano e do aumento da passagem de proteína do alimento para os intestinos, sem ser degradada no rúmen (KOZLOSKI, 2011).

Os ácidos orgânicos são alternativas atrativas para melhorar o desempenho animal e reduzir a emissão de metano por bovinos, sendo que os principais testados sobre a fermentação ruminal são o málico, fumárico, succínico e propiônico. Esses ácidos podem aumentar a utilização de lactato no rúmen, servir como precursores metabólicos para a síntese de glicose e diminuir a perda de equivalentes de redução para a produção de metano, pois proporcionam maior produção de propionato (ARCURI et al., 2006b).

O uso da suplementação lipídica na dieta tem sido utilizado como estratégia para aumentar a eficiência no sistema de produção animal e os benefícios ambientais decorrentes da redução na metanogênese. Essa redução ocorre devido ao efeito tóxico dos ácidos graxos livres nas bactérias metanogênicas e protozoários, a diminuição do consumo pela maior

densidade energética, pela redução da fermentação ruminal da matéria orgânica e da fibra, ao aumento do propionato, e, também, pela transferência do hidrogênio livre para a rota da biohidrogenação, diminuindo a disponibilidade de hidrogênio para síntese de metano (MORAIS et al., 2006).

Segundo Jonhson e Jonhson (1995), adições de lipídios na dieta de ruminantes reduzem a produção de metano por vários mecanismos, incluindo biohidrogenação de ácidos graxos insaturados, aumento da produção de ácido propiônico e inibição de protozoários.

2.3 – Técnicas para quantificar o metano entérico

Existem muitas técnicas para quantificar a emissão de metano entérico por ruminantes. A técnica de mensuração em câmaras fechadas (p. ex., de calorimetria respiratória) é precisa (WESTBERG et al., 1998), porém, limita o número de animais avaliados e não representa as condições naturais, além de ser oneroso para construí-las (JOHNSON et al., 1994). O princípio das câmaras é recolher todo o ar exalado pelo animal e medir concentração de metano. A emissão de metano é calculada a partir do fluxo e da concentração de gás na entrada e saída de ar da câmara, porém cálculos mais complexos têm sido desenvolvidos, que também levam em conta as pequenas diferenças de entrada e saída e as alterações na concentração de câmara de gases. A diferença entre o valor de entrada e saída de metano corresponde à emissão deste gás (STORM et al., 2012).

Mensurações *in vitro* também podem ser utilizadas, porém esse método representa a fermentação do alimento e não as emissões e a digestibilidade considerando o animal como um todo. O método requer o acesso ao fluido ruminal, que, normalmente, é obtido a partir de vacas fistuladas ou outros ruminantes. Técnicas de traçador isotópico também foram desenvolvidas e são úteis em condições controladas, mas são limitadas em condições de produção (STORM et al., 2012).

Foi desenvolvida uma técnica para a medição da emissão de CH₄ por ruminantes em condições de produção, utilizando um gás traçador inerte, o hexafluoreto de enxofre (SF₆), sem as limitações encontradas em outras técnicas, o que possibilita realizar as aferições com animais em situação normal, inclusive em pastejo (PRIMAVESI, et al., 2004b). O método SF₆ é amplamente utilizado na Nova Zelândia, Canadá, Austrália, EUA, e, também, ao norte dos países europeus, por exemplo, na Suécia e na Noruega. A ideia básica do método é que a emissão de metano pode ser medida a partir da taxa de emissão de um gás marcador no rúmen conhecido. Para este efeito, um gás não tóxico, fisiologicamente inerte e estável é necessário.

Além disso, deve misturar-se com ar no rúmen da mesma maneira como o metano. O gás SF₆ foi escolhido, uma vez que preenche os critérios acima, é barato, tem um limite extremamente baixo de detecção e é simples de analisar (STORM et al., 2012). Primavesi et al. (2004b) fizeram adaptações utilizando materiais produzidos no Brasil, permitindo que essa técnica fosse validada para coleta e medição de metano ruminal a campo utilizando o SF₆.

Grainger et al. (2007) mensuraram a emissão de metano de vacas holandesas alimentadas com azevém, utilizando câmaras respirométrica e a técnica do gás traçador SF₆. Os valores encontrados foram 331 e 322 g de CH₄/d por vaca, respectivamente. Não observaram diferenças entre as técnicas, entretanto Munõz et al. (2010) observaram que a técnica SF₆ superestimou em 11% as emissões de CH₄ por bovinos alimentados com silagem de capim, em comparação com a mensuração em câmaras de respiração.

Canesin (2009) mensurou a emissão de metano em bovinos em sistema de pastejo, em *Urochloa brizantha* cv Marandu, em diferentes meses do ano, e observou, através da técnica in vitro, que a emissão de metano obtida no mês de novembro (36,8 mL/g MS) apresentou volumes superiores em relação aos valores obtidos no mês de setembro (25,9 mL/g MS). Ao utilizar a técnica do gás traçador SF₆, houve maior emissão metano entérico pelos animais no mês de novembro em relação ao mês de setembro encontrou com os respectivos valores de 311 e 176,8 CH₄ g/dia, respectivamente.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

No ano de 2012 e 2013, foram avaliados quanto ao consumo e digestibilidade dos nutrientes da dieta e emissão de metano, 47 animais da raça Nelore, submetidos a diferentes planos nutricionais, caracterizados pelo confinamento com fornecimento de dieta à base de silagem de milho e pastejo, em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, durante o período das águas.

O experimento foi conduzido no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica dos Agronegócios de Bovinos de Corte, do Instituto de Zootecnia de São Paulo, localizado na cidade de Sertãozinho, região norte do estado de São Paulo, a uma altitude de 548 metros sobre o nível do mar, com coordenadas de 21°8' de latitude Sul e 47° 59' de longitude Oeste. O clima é caracterizado como tropical úmido, com temperatura média anual de 22 °C e precipitação média anual de 1.588,5 mm.

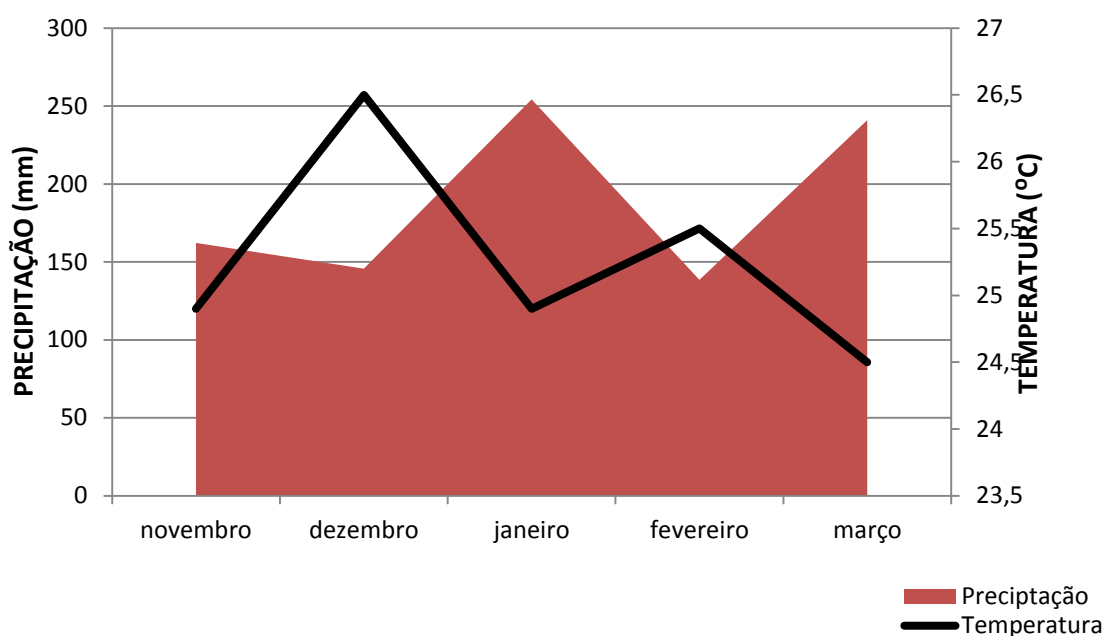


GRÁFICO 01 - Precipitação pluviométrica total e temperatura média da região de Sertãozinho, SP, durante os anos de 2012 e 2013. Fonte: www.ciiagro.sp.gov.br

No mês de novembro de 2011, a pastagem destinada à avaliação dos animais no período das águas foi implantada com *Urochloa brizantha* cv. Marandu, sendo que, para tal, duas toneladas de calcário foram incorporadas ao solo para prévia correção do mesmo. Durante o plantio, aplicou-se 200 kg/ha de supersimples. Após 30 dias de germinação e no

mês de maio de 2012, foram aplicados em cobertura 200 kg/ha de adubo, com a formulação 20-05-20 e 150 kg/ha e 30 dias antes das avaliações, 150 kg/ha do mesmo adubo foram aplicados.

3.1 – Animais e Instalações

Para o plano nutricional confinamento, foram avaliadas 25 fêmeas com idade e peso corporal iniciais médios de 419 dias e 352 kg, respectivamente, e 22 machos com idade e peso corporal médios de 372 dias e 359 kg. O período experimental foi de 35 dias, sendo 28 dias de adaptação à dieta, instalação e aparatos e 7 dias para coleta de dados, durante os meses de novembro e dezembro de 2012. Os animais foram distribuídos em baias individuais, parcialmente cobertas e concretadas, contendo comedouros e bebedouros cobertos.

Os mesmos 47 animais avaliados em confinamento, foram avaliados no plano nutricional período das águas. As fêmeas possuíam idade e peso corporal inicial médio de 485 dias e 356 kg, respectivamente, e os machos 451 dias e 389 kg de idade e peso corporal inicial médio, respectivamente. O período experimental foi de 44 dias, sendo 28 dias de adaptação à dieta, instalação e aparatos de coleta e 16 dias para coleta de dados, sendo os machos avaliados nos meses de dezembro de 2012 e janeiro, e as fêmeas em janeiro e fevereiro de 2013.

Para avaliação em pastejo, foram formados lotes com quatro animais de mesmo sexo e distribuídos em piquetes formados por *Urochloa brizantha* cv Marandu, de maneira que machos e fêmeas tivessem o menor contato possível. Todos os piquetes possuíam comedouro coletivo para distribuição de suplemento, bebedouro e uma área de sombra de 36 m², coberta por sombrite. Foi utilizado o sistema de pastejo contínuo, com taxa de lotação variável, composto por animais testes e reguladores. Os animais reguladores foram colocados e retirados da pastagem, conforme a necessidade de ajuste da altura, de, aproximadamente, 30 cm, usando a técnica “put and take”, descrita por Mott e Lucas (1952). Os machos foram alocados em piquetes que mediam 2 hectares, enquanto as fêmeas em piquetes de 1 hectare, por não haver fêmeas reguladoras suficientes para manter a altura da pastagem nos piquetes maiores.

3.1.1 – Coleta de dados

No plano nutricional confinamento foi fornecido aos animais dieta à base de silagem de milho, feno de *Urochloa brizantha*, milho moído, farelo de soja, ureia e sal mineral, formulada de acordo com CNCPS v 6.1, 2008, para atender às exigências nutricionais para ganho médio diário de 1,2 kg.d⁻¹. Esta foi fornecida *ad libitum*, duas vezes ao dia, 11h00e

15h00, permitindo sobras de aproximadamente 5 a 10%. A quantidade de dieta fornecida, assim como as sobras, eram pesadas e anotadas, diariamente, para obtenção do consumo voluntário de matéria seca total (CMST), e, a partir deste, obteve-se o consumo dos nutrientes, de acordo com as equações:

$$CMST \text{ (kg/dia)} = (MSOferecido \times Oferecido) - (MSSobra \times sobra)$$

$$CN \text{ (kg/dia)} = CMST \times \text{Concentração do nutriente na dieta}$$

Em que: *CMST* = consumo voluntário de matéria seca total, *MSOferecido* = matéria seca do oferecido, *MSSobra* = matéria seca da sobra, *CN* = consumo dos nutrientes.

No 30º, 31º e 32º dia experimental, foram realizadas coletas de fezes 2, 4 e 6 horas após o trato, respectivamente, utilizando metodologia adaptada de Ítavo et al. (2002). As amostras foram conservadas congeladas até o final do período de coleta, sendo secas e moídas ao final, quando foi retirada uma alíquota para constituir uma amostra composta.

Para obtenção da estimativa da excreção fecal total diária (EF) dos animais, as amostras de fezes foram incubadas “in situ” durante 288 horas, para posterior determinação da fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), nos resíduos obtidos após o tratamento em detergente neutro (Detmann et al, 2012) e aplicada as fórmulas (Detmann et al., 2001):

$$EF \text{ kg/dia} = \frac{FDNi \text{ fornecido (g/dia)}}{\text{Concentração FDNi nas fezes (g/kgMS)}}$$

Para o plano nutricional período das águas foi fornecido aos animais suplemento múltiplo à base de milho moído, torta de algodão, farelo de soja, ureia e sal mineral, na quantidade de 0,5 kg cab/dia, formulado de acordo com o BRcorte (2010), para atender às exigências nutricionais de ganho médio diário de 0,8 kg.d⁻¹. O fornecimento do suplemento ocorreu sempre às 08h00, de forma a não interferir no pastejo.

Foram selecionados pontos nos piquetes para leituras de alturas (cm) da pastagem, utilizando bastão graduado “sward stick”, segundo metodologia de Barthram (1985) e realizada amostragem do pasto para estimar a disponibilidade total de forragem, utilizando quadrado metálico e posterior corte rente ao solo (McMENIMAN, 1997).

Medidas de altura da forragem foram coletadas em 100 pontos nas duas linhas diagonais de cada piquete, semanalmente, a fim de obter a média da altura dos piquetes, e, a

partir desta, foram realizadas as amostragens no 38º e 43º dia experimental, utilizou-se quadrado metálico de 1,0 x 1,0 m.

As amostras foram pesadas e retiraram-se duas alíquotas, sendo uma formada pela planta inteira e outra utilizada para a separação dos componentes da planta: folha verde (FV), colmo verde (CV), e material morto (MM), para a estimativa de disponibilidade de pastagem.

A partir das amostras de planta inteira, foi calculada a matéria seca, potencialmente digestível (MSpd) ofertada aos animais. Para determinação da MSpd, foi utilizada a equação (Paulino et al., 2006):

$$\%MSpd = 0,98 \times (100 - FDN) + (FDN - FDNi);$$

em que: 0,98 = coeficiente de digestibilidade verdadeira do conteúdo celular; FDN = valor de fibra insolúvel em detergente neutro da amostra expressa na MS e FDNi = FDN indigestível.

Para avaliação das características nutricionais da pastagem e determinação do consumo voluntário de matéria seca total dos animais, foi realizado um ensaio durante 10 dias, entre o 35º e 44º dia experimental. Para controle das variações de peso vivo os animais, foram pesados no 1º e 10º dia do ensaio, sem prévio jejum.

A excreção fecal foi estimada, utilizando como indicador externo o óxido crômico, o qual foi fornecido aos animais durante nove dias, na quantidade de 10g/animal/dia. O indicador foi acondicionado em cartuchos de papel, introduzido diretamente no esôfago dos animais às 11h00, com auxílio de aplicador de PVC. Utilizou-se a equação:

$$EF \text{ kg/dia} = \frac{\text{óxido crômico fornecido (g/dia)}}{\text{Concentração óxido crômico nas fezes (g/kgMS)}}$$

Para estimativa do consumo individual do suplemento, foi utilizado o indicador externo dióxido de titânio, de acordo com Titgemeyer et al. (2001), o qual foi fornecido, diariamente, às 11h00, na quantidade de 10g de TiO₂/animal/dia, homogeneizadas ao suplemento imediatamente antes do trato. Utilizou-se a seguinte equação (Detmann et al., 2001):

$$CMSS(kg/dia) = [(EF \times CIF) / IS].$$

em que CMSS = consumo voluntário de MS de suplemento (kg/dia), EF = excreção fecal (kg/dia); CIF = concentração do indicador nas fezes (kg/kg); IS = indicador presente no suplemento (kg/dia).

O consumo voluntário de matéria seca total (CMST kg/animal/dia) foi estimado a partir da equação proposta por Detmann et al. (2001), utilizando a FDNi como indicador interno:

$$CMST (kg/dia) = \{[(EF \times CIF) - IS] / CIFO\} + CMSS;$$

em que EF = excreção fecal (kg/dia); CIF = concentração do indicador nas fezes (kg/kg); IS = indicador presente no suplemento (kg/dia); CIFO = concentração do indicador na forragem (kg/kg); CMSS = consumo de MS de suplemento (kg/dia).

Para estimar a qualidade da forragem consumida pelos animais, foi realizada através da simulação manual do pastejo, no 9º dia do ensaio. As amostras de planta inteira e pastejo simulado foram preparadas e armazenadas para posteriores análises laboratoriais.

Amostras de fezes foram coletadas entre 43º dia e 45º dia, seguindo-se horários pré-estabelecidos de 15h00, 11h00 e 07h00, respectivamente, e depois de colhidas foram pesadas, secas em estufa de ventilação forçada a $60 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 72hs, e moídas em moinho de facas tipo Willey (1mm). As alíquotas referentes aos diferentes horários de coleta compuseram uma única amostra composta para cada animal.

Foram utilizados três animais da raça Nelore, mantidos em pastagem de *Urochloa brizantha*, para incubação "in situ" das amostras de fezes, forragem e suplemento por 288 horas. Posteriormente, foi determinada a fibra insolúvel em detergente neutro indigestível (FDNi), nos resíduos obtidos após tratamento em detergente neutro (Detmann et al., 2012).

A recuperação fecal do óxido crômico foi realizada por via úmida, segundo a metodologia Willians et al. (1962) e do dióxido de titânio, segundo a metodologia de Myers et al. (2004). As análises foram realizadas no Laboratório Central e no Laboratório de Forragicultura da UNESP-Jaboticabal-SP. Da mesma forma, as amostras de planta inteira e pastejo simulado foram preparadas e armazenadas para posteriores análises laboratoriais.

A partir do consumo voluntário de matéria seca do pasto (CMSP) e do suplemento (CMSS), foram obtidos os consumos dos nutrientes da dieta (CN) tais como, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente neutro potencialmente digestível, carboidratos não fibrosos, carboidratos totais, nutrientes digestíveis totais, energia bruta e energia metabolizável, utilizando a fórmula:

$$CN(kg/dia) = (CMSS \times NS\%) + (CMSP \times NP\%)$$

em que NS= concentração do nutriente no suplemento e NP = concentração do nutriente no pasto.

As amostras da dieta e sobras do confinamento, de ingredientes do suplemento, do pasto e fezes coletadas em todos os tratamentos, foram analisadas no laboratório de Nutrição Animal (LANA) da UNESP em Jaboticabal- SP, para determinação das características bromatológicas.

Foram obtidos os valores de matéria mineral (ICNT-CA G-001/1, 2012), matéria seca (INCT-CA G-003/1, 2012), extrato etéreo (INCT-CA G-004/1), fibra em detergente neutro (INCT-CA F-001/1, 2012) e fibra em detergente ácido (INCT-CA F-003/1, 2012). Foram realizadas, utilizando o sistema Ankom® e saquinho F57 Ankom®, FDNi (INCT-CA F-008/1, 2012) por incubação em novilhos dotados de cânula ruminal por 288 horas, a lignina (INCT-CA F-005/1, 2012), foram obtidos conforme proposto por Detmann et al. (2012). A determinação da proteína foi a partir do valor de nitrogênio obtido pelo método de combustão de Dumas, em analisador Leco® FP-528 e multiplicado por 6,25. Os teores do nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados nos resíduos obtidos após o tratamento das amostras em detergente neutro e ácido, através do método de combustão de Dumas, em analisador Leco® FP-528. A energia bruta foi obtida por meio de bomba calorimétrica.

Para estimativa dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) e dos nutrientes (DN) do plano nutricional confinamento, utilizou-se as fórmulas propostas por Cochran e Galyean (1994):

$$DMS = [(Consumo\ de\ MS - Excreção\ fecal)/Consumo\ de\ MS] \times 100$$

$$DN = [(Consumo\ de\ nutriente - Excreção\ do\ nutriente\ nas\ fezes)/Consumo\ de\ nutriente] \times 100$$

Para a estimativa dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) e dos nutrientes (DN) para o plano nutricional pastejo no período das águas, utilizou-se as fórmulas propostas por Cochran e Galyean (1994):

$$DMS = 100 - (100 \times \% FDNi \text{ no alimento}) / (\% FDNi \text{ nas fezes})$$

$$DN = 100 - (100 \times \% FDNi \text{ no alimento} \times \% \text{ nutriente nas fezes}) / (\% FDNi \text{ nas fezes} \times \% \text{ nutriente no alimento})$$

Os carboidratos totais (CHOT) foram obtidos através da fórmula (Detmann et al., 2012):

$$\%CHOT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$$

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos de acordo com a fórmula:

$$\%CNF = 100 - (\%FDNcp + \%PB + \%EE + \%MM)$$

Para os concentrados, o CNF foi obtido, conforme proposto por Hall e Akinyode (2000):

$$\% CNF = 100 - [(\%PB - \%PB \text{ da ureia} + \% \text{ da ureia}) + \%FDNcp + \%EE + \%MM].$$

O NDT foi obtido a partir da fórmula proposta por Detmann et al. (2010):

$$\%NDT = PB_{vd} + CNF_{vd} + FDN_d + 2,25 \times EE_{vd} - FM_{NDT}$$

em que: PB_{vd} , CNF_{vd} , EE_{vd} = frações verdadeiramente digestíveis de PB, CNF e EE, respectivamente, (%MS); FM_{NDT} = fração metabólica fecal total para o cálculo do NDT (% da MS), de acordo com a categoria animal; 2,25 é a constante de Atwater para equalização de lipídeos e carboidratos.

Para mensuração da emissão de metano para os planos nutricionais, utilizou-se a metodologia do gás traçador SF_6 , publicada por Johnson e Johnson (1995) e adaptado por Primavesi et al. (2004b). A montagem e calibração das cápsulas de permeação e tubos capilares foram realizadas na Embrapa Pecuária Sudeste- SP, enquanto as cangas e cabrestos coletores foram calibrados no Instituto de Zootecnia em Sertãozinho-SP, com adaptações a partir das especificações de Primavesi et al., (2004b).

Os animais foram submetidos a um período de adaptação aos aparatos de sete dias. Nas avaliações a pasto, as amostras do gás expirado/eructado pelos animais foram coletadas durante seis dias consecutivos, enquanto que, para os animais em confinamento, foram por sete dias consecutivos, devido às maiores chances de perda de dados, conforme a quebra de cangas nas baias. As cangas coletoras foram retiradas e substituídas a cada 24 horas, nas próprias instalações, iniciando sempre no mesmo horário. Os animais foram pesados um dia antes de iniciar as coletas dos gases e no último dia de coleta.

Ao final de cada período de coleta do ar expirado/eructado pelos animais, as cangas foram encaminhadas para quantificação de metano na amostra de gás coletada, que foi realizada em função das concentrações de SF₆. As análises cromatográficas da determinação dos gases: hexafluoreto de enxofre (SF₆) e metano (CH₄) foram realizadas no Laboratório de Ecologia Química da Embrapa Meio Ambiente (Jaguariúna-SP).

Para captar o ar do ambiente e obter as concentrações basais de CH₄ e SF₆, foram colocados, em cada ponta da instalação do confinamento, dois conjuntos coletores (canga + cabresto coletor), e estes foram identificados como brancos. No ensaio em pasto, foram utilizados quatro brancos, um em cada extremidade do conjunto dos seis piquetes de cada experimento.

A taxa de emissão de CH₄ (QCH₄) foi calculada a partir das concentrações de CH₄ e de SF₆ medidas e da taxa conhecida de emissão de SF₆ (QSF₆) (WESTBERG et al., 1998):

$$QCH_4 = QSF_6 \times [CH_4]/[SF_6]$$

Foram subtraídas as concentrações basais de CH₄ [CH₄]_b das concentrações determinadas na canga dos animais em estudo ([CH₄]_y), e, para isso, utilizaram-se de os brancos:

$$QCH_4 = QSF_6 \times ([CH_4]_y - [CH_4]_b)/[SF_6]$$

Para o cálculo da energia bruta, na forma de metano (CH₄/CEB), foi utilizada a equação de Blaxter e Clapperton (1965), corrigida por Wilkerson et al. (1995):

$$(CH_4/CEB) = [(CH_4 \times 0,0133)/CEB] \times 100;$$

em que: 0,0133 é a energia bruta em Mcal por kg de CH₄ (HOLTER e YOUNG, 1992).

3.3. Análises estatísticas

Todos os dados foram verificados quanto à normalidade e homogeneidade de variância por histogramas e testes estatísticos formais do SAS (2002). As análises foram feitas utilizando o procedimento GLM do SAS (9.2), ajustando o modelo com os efeitos fixos de sexo e plano nutricional e o efeito linear da covariável peso, como descrito a seguir:

$$y_{ijkl} = \mu + S_i + P_j + \beta(x_k - \bar{x}) + e_{ijk},$$

Em que:

y_{ijkl} = variável resposta;

S_i = efeito do i-ésimo sexo (i=1,2);

P_j = efeito do j-ésimo plano nutricional (j= 1,2);

β = coeficiente de regressão linear do peso;

x_k = peso do k-ésimo animal;

$\bar{x}$ = média do peso;

e_{ijk} = erro associado a cada observação.

Para todas as variáveis analisadas, o efeito aleatório do animal (opção Random Animal) foi incluído no modelo. Entretanto, a variância foi nula, razão pela qual foi retirado do mesmo. O efeito de idade dos animais não foi incluído no modelo, pois está confundido com o efeito de plano nutricional. As médias ajustadas pelo método dos quadrados mínimos foram analisadas pelo teste Tukey. Foram consideradas significativas as diferenças ao nível de 5% de probabilidade.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição química dos planos nutricionais está caracterizada na Tabela 1.

Tabela 1. Percentual dos ingredientes e composição química da dieta com base na MS, nos diferentes planos nutricionais

Ingredientes	Planos Nutricionais		
	Confinamento	Águas	
	Dieta total	Pasto	Suplemento
Ingredientes	Percentual		
Farelo de soja	11,58		-
Feno <i>Urochloa sp.</i>	10,13		-
Milho moído	21,72		59,49
Silagem de milho	53,56		-
Torta de algodão	-		25,18
Sal mineral ¹	2,28		5,11
Sulfato de amônia	0,072		-
Ureia	0,648		10,22
Item ²	Composição química da dieta		
MS (%)	54,36	25,07	95,43
MSpd (%)	46,37	21,12	91,18
MO (%)	95,30	91,33	98,32
PB (%)	13,98	9,02	38,87
NIDN(%)	0,53	0,58	1,03
NIDA (%)	0,54	0,20	0,94
EE (%)	1,90	2,01	4,52
FDN (%)	50,18	65,09	36,15
FDNcp (%)	45,09	59,91	31,40
FDNpd (%)	36,34	50,01	29,19
CHOT (%)	79,41	81,19	54,93
CNF (%)	34,33	20,39	33,55
FDA (%)	22,94	31,10	12,33
Celulose (%)	19,13	28,43	7,4
HEMI(%)	27,24	29,87	23,82
Lignina (%)	3,80	1,82	4,93
FDNi (%)	13,84	15,15	6,96
NDT (%)	70,16	68,35	68,57
EB (kcal. kg ⁻¹)	4,16	3,71	3,64
EM (kcal. kg ⁻¹)	2,54	3,01	2,43

¹ Composição/kg: Fósforo, 8%; Cálcio, 15%; Sódio, 14,5%; Enxofre, 1,2%; Níquel, 1,1%; Zinco, 0,25%; Cobre, 0,16%; Manganês, 0,16%; Cobalto, 0,0011%; Iodo, 0,0023%; Selênio, 0,0027%, Flúor, 0,08%. ² Matéria seca (MS), matéria seca potencialmente digestível (MSpd), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), extrato etéreo (EE), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinza e proteína (FDNcp), fibra insolúvel em detergente neutro potencialmente digestível (FDNpd), carboidratos totais (CHOT), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose (HEMI), lignina, fibra insolúvel em detergente neutro indigestível (FDNi), nutrientes digestíveis totais (NDT) energia bruta em kcal (EB) e energia metabolizável em kcal (EM) da pastagem de *Urochloa brizantha* cv Marandu no período da seca, no confinamento a base de silagem de milho e período das águas obtidos com base na MS.

Os planos nutricionais confinamento e pastejo no período das águas proporcionaram aos animais dietas com teores de proteína, carboidratos não fibrosos, FDN e FDA, respectivamente de 13,98% VS 9,02%; 34,33% VS 20,39%; 50,18% VS 65,09%; 22,94% VS 31,10%. Observa-se, portanto, que o plano nutricional confinamento ofereceu dieta de melhor qualidade nutricional.

Euclides et al. (2000) encontraram em pastagem de *B. brizantha*, no período das águas, valores de FDN e de proteína bruta, 67,5 % e 8,8%, respectivamente semelhantes aos encontrados no presente estudo.

A disponibilidade de MS do pasto foi de 7.170,10 kg/ha no período das águas e a taxa de lotação foi de 3,0 UA/ha. O valor de disponibilidade aqui encontrado está acima de 2.000 kg de MS/ha, indicado por Minson (1990), como o limite mínimo para não restringir o consumo em pasto. Corroborando com Detmann et al. (2001) infere-se, portanto, que a disponibilidade da massa forrageira possibilitou pastejo irrestrito e não ofereceu entraves à capacidade seletiva dos animais em todos os períodos experimentais, gerando, consequentemente, a possibilidade de maximização do consumo de matéria seca.

Canesin (2009) encontrou disponibilidade de pastagem *Brachiaria brizantha* e taxa de lotação de 4100 e 4800 kg/ha, 1,67 e 1,79 UA/ha, respectivamente, para os meses outubro e novembro. Euclides et al. (2000) encontraram, em média, 3200 kg/ha de disponibilidade de biomassa de forragem para o período das águas.

Os resultados obtidos para disponibilidade de pastagem (%), com base na matéria seca, respectivamente, em matéria seca potencialmente digestível (MSpd) foram de 68,72%; folha verde 25,24%; colmo verde 38,18%; material morto 36,57% (Figura 2).

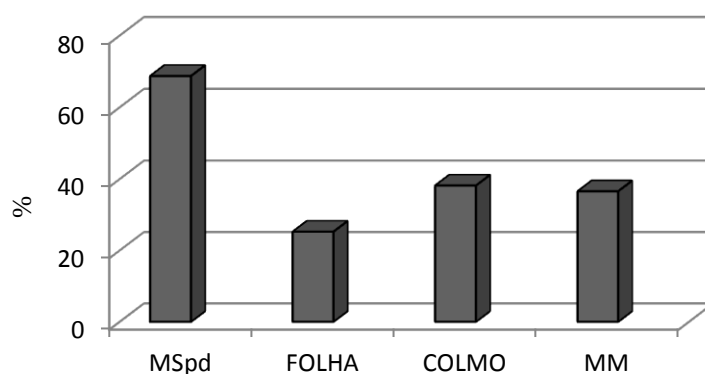


GRÁFICO 02 - Disponibilidade da pastagem (%), com base na MS de matéria seca potencialmente digestível (MSpd), folha verde, colmo verde e material morto (MM), no período das águas.

Foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) para todos os consumos de nutrientes entre os planos nutricionais utilizados (Tabela 1). A composição da dieta fornecida no plano nutricional confinamento contribuiu para o maior consumo ($P<0,05$) de matéria seca pelos animais submetidos a este tratamento, 8,98 kg/dia e 25,29 g/kgPC em relação ao plano nutricional pastejo no período das águas, 6,67kg/dia E 17,97 g/kgPC.

Tabela 2. Médias, erros-padrão médio e erros-padrão dos consumos de nutrientes em quilos por dia (kg/dia) e em gramas por peso corporal (g/kgPC) de bovinos Nelore, submetidos a diferentes planos nutricionais

Parâmetro (kg/dia)**	Planos Nutricionais			
	Confinamento*	Águas	EPM	P
CMSP		5,53	1,58	
CMSS		1,14	0,45	
CMST	8,98	6,67	1,41	<0,0001
CMO	8,58	6,17	1,31	<0,0001
CPB	1,25	0,95	0,24	<0,0001
CEE	0,18	0,16	0,04	0,0076
CFDN	4,56	4,01	0,82	0,0001
CFDNpd	3,53	3,10	0,67	0,0001
CFDA	2,06	1,86	0,37	0,0008
CCNF	3,01	1,34	0,35	<0,0001
CCHOT	7,16	5,12	1,08	<0,0001
CNDT	6,30	4,60	1,02	<0,0001
CEB (Mcal)	37,44	24,63	5,26	<0,0001
CEM (Mcal)	24,11	19,69	4,34	<0,0001
(g/kgPC)				
CMSP		14,91	4,27	
CMSS		3,06	1,19	
CMST	25,29	17,97	3,82	<0,0001
CMO	24,17	16,63	3,55	<0,0001
CPB	3,51	2,56	0,63	<0,0001
CEE	0,50	0,43	0,10	0,0036
CFDN	12,83	10,81	2,21	<0,0001
CFDNpd	9,94	8,35	1,80	<0,0001
CFDA	5,79	5,01	1,01	0,0003
CCNF	8,48	3,60	0,95	<0,0001
CCHOT	20,16	13,81	2,95	<0,0001
CNDT	17,74	12,40	2,78	<0,0001
CEB (Mcal)	105,43	66,39	14,30	<0,0001
CEM (Mcal)	67,97	53,02	11,77	<0,0001

*Teste de Tukey a 5% de significância. ** Consumo de matéria seca do pasto (CMSP), Consumo de matéria seca do suplemento (CMSS), Consumo de matéria seca total (CMST), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), fibra insolúvel em detergente neutro (CFDN), fibra insolúvel em detergente neutro potencialmente digestível (FDNpd), Consumo de fibra insolúvel em detergente ácido (CFDA), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos totais (CCHOT), nutrientes digestíveis total (CNDT), energia bruta (CEB), energia metabolizável (CEM) obtidos com base na MS.

De acordo com Paulino et al. (2001), o consumo das forrageiras é positivamente influenciado pelo teor de nutrientes como proteína, fósforo, cobalto, enxofre e pela digestibilidade de sua matéria seca ou matéria orgânica. Por outro lado, é negativamente correlacionado com constituintes de parede celular, quando os níveis de fibra em detergente neutro alcançam patamares superiores a 55 - 60%, que é o caso da pastagem no presente trabalho.

O baixo CMST (kg/dia) pelos animais no período das águas, talvez possa ser explicado pela qualidade da forragem oferecida (Tabela 1) em determinadas situações, onde se encontram grandes ofertas de forragem, porém, com pequenas proporções de folhas verdes, podem ocorrer longos períodos de pastejo e não otimização do consumo total de matéria seca. Ainda pode-se justificar pelo manejo dos animais, conforme Burns et al. (1994), quanto maior a interferência na rotina de pastejo do animal, menor será o consumo e a excreção fecal. Segundo Detman et al. (2001b) a aplicação de óxido crômico uma vez ao dia, o caso do presente estudo subestima os valores de excreção fecal, e, conseqüentemente, o consumo de animais a pasto.

Euclides et al. (2000), trabalhando com bovinos cruzados (Holandês X Gir), em pastagem de *B. brizantha*, encontraram CMST em média de 6,40 kg/animal/dia e 20 g/kg PC para o período das águas, valores estes menores que o encontrado no presente estudo.

Os resultados do presente estudo corroboram com o que foi descrito por Moore et al. (1999), que observaram maior impacto na ingestão e na digestibilidade da fibra em alimentos de baixa qualidade, em que há aumento nos teores de carboidratos estruturais. Esses autores relataram que, a relação NDT:PB maior que sete, é indicativo de baixa qualidade da planta, o que indica um déficit de proteína em relação à energia. No presente estudo, a relação NDT:PB foi de 7,58 no período das águas (Tabela 4), podendo, assim, explicar os maiores consumos, seja em kg/dia, como em g/kg PC pelos animais, quando submetidos ao plano nutricional confinamento.

O maior consumo de proteína bruta pelos animais no confinamento ($P < 0,05$) (Tabela 2), pode ser atribuído ao maior teor deste nutriente na dieta basal oferecida aos animais, sendo igual a 13,98% (Tabela 1), e, além disso, o maior consumo de matéria seca total neste tratamento, conseqüentemente contribuiu para o maior consumo dos nutrientes pelos animais. Euclides et al. (2000) encontraram valores de proteína bruta no material verde de *B. brizantha* de 8,8% no período das águas.

Segundo Cavalcante et al. (2004), no processo de fermentação da silagem, há produção de ácidos como acético e lático, mudanças na estrutura física do material ensilado,

maior quebra de proteína, resultando em maior produção de amônia, e, conseqüentemente, maior redução de pH, acarretando em menor consumo de matéria seca pelos bovinos do que quando alimentados com materiais verdes e feno da mesma forrageira. Porém, neste trabalho, o consumo de MS pelos animais em confinamento (Tabela 5) ainda foi maior que o consumo dos animais pastejando no período das águas (8,98 e 6,67 em kgMS/dia, respectivamente, 25,29 e 17,97 em g/kg PC, respectivamente). Isso devido à melhor qualidade da dieta completa (Tabela 1), que apresentou maiores teores de carboidratos não fibrosos, o que permite uma maior taxa de passagem, e, conseqüentemente, o maior consumo observado, tanto de MS, como dos nutrientes citados acima.

Os CMST, CMO, CPB, CFDN e CHOT pelos animais em confinamento (Tabela 2) estão próximos aos encontrados por Cavalcante et al. (2004), sendo 9,5 kg/dia; 8,6 kg/dia; 1,2 kg/dia; 3,8 kg/dia; 7,5 kg/dia, respectivamente, trabalhando com animais cruzados (Holandês x Zebu) e recebendo dieta com 67% de silagem de milho. Segundo afirmativa de Poppi e McLennan (1995), espera-se aumento no consumo total de MS por intermédio do maior consumo de energia, fator esse encontrado no presente estudo, quando comparados os tratamento água com confinamento, onde se obteve maior o consumo de MS, EB e EM, sendo o CMST do confinamento 34% superior ao período das águas.

A dieta do confinamento apresentou menor digestibilidade (Tabela 3) para a maioria dos nutrientes, exceto para matéria seca, que apresentou maior valor no plano nutricional período das águas ($P < 0,05$) e para o FDNpd, que não apresentaram diferenças entre os tratamentos ($P > 0,05$). Isto pode ser atribuído à maior quantidade de carboidratos não fibrosos, o que pode ter proporcionado maior taxa de passagem, e, conseqüentemente, menor digestibilidade, pois os microrganismos tiveram menor possibilidade de acesso ao substrato (MERCHEN, 1988).

Tabela 3. Médias, erros-padrão médio e erros-padrão dos valores de digestibilidade aparente total dos nutrientes da dieta, obtidos em bovinos Nelore, submetidos a diferentes planos nutricionais pastejo no período da seca, confinamento e pastejo no período das águas

PLANOS NUTRICIONAIS				
Parâmetro**	Confinamento*	Águas*	EPM	P
DMS (%)	59,06	40,72	5,30	<0,0001
DMO (%)	63,06	74,00	3,60	<0,0001
DPB (%)	52,06	83,07	5,56	<0,0001
DEE (%)	63,83	60,42	9,27	0,0483
DFDN (%)	56,14	64,95	4,29	<0,0001
DFDNpd (%)	80,46	81,58	5,41	0,3651
DCNF (%)	70,50	81,82	7,52	<0,0001
DCHOT (%)	64,99	71,38	3,47	<0,0001
DEB (%)	58,32	69,12	5,21	<0,0001

*Teste de Tukey a 5% de significância. **Digestibilidade aparente total de matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), proteína bruta (DPB), extrato etéreo (DEE), fibra insolúvel em detergente neutro (DFDN), fibra insolúvel em detergente neutro potencialmente digestível (DFDNpd), carboidratos não fibrosos (DCNF), carboidratos totais (DCHOT), nutrientes digestíveis total (DNDT) e energia bruta (DEB) de acordo com as dietas fornecidas, pastagem no período seco, confinamento, pastagem no período das águas obtidos com base na MS.

Euclides et al. (2000) encontraram valor de 69,3 para DMS de *B. brizantha*, no período das águas, sendo maior que o encontrado nesse experimento, provavelmente, devido à melhor composição química da pastagem. Manella et al. (2003) trabalhando com bovinos Nelore em pastagem de *B. brizantha*, encontraram resultado semelhante para digestibilidade de matéria seca, 35,7%.

Segundo Forbes (1995), o nível de consumo, entre os fatores que afetam diretamente a digestibilidade de um alimento, destaca-se como de maior importância. Esta relação obedece a um padrão inversamente proporcional, ou seja, quanto menor o nível de consumo, maior a digestibilidade do alimento, evento que envolve fenômenos como a redução da taxa de passagem ruminal (MERCHEN, 1988), fator esse que corrobora com o presente estudo, uma vez que para tais nutrientes foram observados maiores consumos em confinamento. Parte deste efeito parece estar relacionada à ampliação do tempo de colonização (lag time) sobre a fração fibrosa, que reflete, negativamente, sobre o percentual de desaparecimento da fibra em períodos fixos de tempo, após o início da atividade microbiana (MERTENS e LOFTEN, 1980), contribuindo, efetivamente, para o efeito de repleção ruminal da FDN. Cavalcante et al. (2004) encontraram valores maiores do que os apresentados neste trabalho para DMS (72,4%), DMO (73,5%), DPB (69,9%), DEE (70,3%), DCHOT (74,6%) e DFDN (74,6%), utilizando dieta com 67% de silagem de milho.

Foi observada maior emissão de metano (104,01 g/dia e 37,96 kg/ano) pelos animais quando em confinamento ($P < 0,05$) (Tabela 4). Isto pode ser justificado pelo maior consumo, gerando mais substrato para a fermentação e produção de metano.

Tabela 4. Médias, erros-padrão médios de e erros-padrão do peso vivo médio (PV), e emissão de metano em bovinos submetidos a diferentes planos nutricionais

Parâmetro**	PLANOS NUTRICIONAIS			
	Confinamento*	Águas*	EPM	P
PV (kg)	356,00	371,00	36,52	0,0318
CH ₄ /dia (g)	104,01	98,43	13,51	0,0048
CH ₄ /ano (kg)	37,96	35,93	4,86	0,0048
CH ₄ /CMST (g/kg)	11,67	15,71	3,14	<0,0001
CH ₄ /CEB (%)	3,75	4,23	0,84	0,005
CH ₄ /CFDN (g/kg)	22,93	26,08	5,22	0,003
CH ₄ /CFDNpd (g/kg)	29,68	33,99	7,2	0,0025
CH ₄ /PC (g/kg)	0,29	0,26	0,038	0,0007

*Teste de Tukey a 5% de significância. **Emissão de metano em gramas por dia (CH₄/dia), em quilos por ano (CH₄/ano), em gramas por quilo de consumo de matéria seca (CH₄/CMST), em gramas por Mcal de consumo de energia bruta (CH₄/CEB), em gramas por consumo de fibra insolúvel em detergente neutro (CH₄/CFDN), em gramas por consumo de fibra insolúvel em detergente neutro potencialmente digestível (CH₄/FDNpd) e em gramas por peso corporal (CH₄/PC) de acordo com de acordo com as dietas fornecidas nos planos nutricionais confinamento e pastejo no período das águas.

Porém, a emissão de CH₄/CMS foi menor para os animais quando em confinamento, sendo 26% menor do que quando pastejando no período das águas. Assim como a emissão de metano por consumo de FDN (CH₄/CFDN, 22,93 g/kg), consumo de FDNpd (CH₄/CFDNpd, 29,68 g/kg), consumo energia bruta (CH₄/CEB, 3,75 %).

Em relação à emissão por peso corporal (CH₄/PC, g/kg), observou-se maior emissão para os animais quando em confinamento. Isto é justificado pelo maior consumo desses, sendo que os animais pesados irão consumir mais, e, conseqüentemente, emitir maior quantidade de metano por peso corporal.

Como já citado anteriormente, a ingestão de MS aumenta até um limite onde não haja efeito de repleção causado pelo alimento no rúmen, fato esse não observado nos tratamentos.

O CMS diminui, quando há excesso de energia, onde o controle é efetuado pela quantidade de nutrientes absorvidos no tratamento confinamento e não houve restrição alimentar (Tabela 2). Dessa forma, a inclusão de grãos na dieta do confinamento pode estimular maior crescimento de bactérias amilolíticas e proteolíticas, que, por sua vez, são produtoras de ácido propiônico, sugerindo maior captação de hidrogênio para produção desse ácido, reduzindo o substrato pra produção de metano.

No tratamento confinamento, observa-se que, com o aumento percentual do CMS, a energia perdida na forma de CH₄ diminui, corroborando com os dados encontrados por Kurihara et al. (1999), trabalhando com bovinos da raça Brahman, alimentados com

forrageiras tropicais que observaram relação negativa entre a emissão de CH_4 por EB ingerida (g de metano/Mcal de energia bruta ingerida) e consumo de matéria seca. Isso sugere que, para eficiente produção animal e redução das perdas energéticas em forma de metano, é vantajosa a alimentação dos animais acima da ingestão necessária para manutenção.

De acordo com Johnson e Johnson (1995), animais em pastagem emitem mais metano que animais em confinamento recebendo dietas com maiores teores de concentrado, pois a produção de metano é inversamente relacionada com a produção de propionato e positivamente relacionada com a relação acetato:propionato.

Animais que se alimentam de maiores quantidade de forragens irão propiciar maior formação de acetato e consequente liberação de hidrogênios que poderão ser utilizados para a formação do metano. Porém, de acordo com Berchielli et al. (2012), maior quantidade de matéria orgânica fermentada favorece o aumento da produção de metano, por fornecer maior substrato para os microrganismo metanogênicos.

Segundo Primavesi et al. (2004b), material fibroso de menor qualidade pode gerar uma baixa emissão de metano, devido à menor ingestão de matéria seca, o que pode justificar a menor emissão encontrada para o período das águas, que apresentou menor CMST g/kg PC..

Ao fornecerem azevém perene com alta e baixa digestibilidade de matéria seca para bovinos, Hart et al. (2009), observaram emissão de metano (g/dia) 28% maior quando a forrageira apresentou valor de digestibilidade maior, porém, concluíram, com base nas taxas de crescimento, que estes animais seriam terminados mais cedo, reduzindo a emissão de metano por ciclo de produção.

A digestibilidade está altamente correlacionada com o espaço de tempo que uma partícula permanece no interior do trato digestivo (POPPI et al., 1981) e as diferenças na velocidade de degradação interferem na eficiência e no equilíbrio do fluxo do substrato disponível para os microrganismos do rúmen (McCARTHY et al., 1989). Devido a isso, o plano nutricional no período das águas pode ter aumentado a presença de bactérias e microrganismos metanogênicos, aumentando a produção de CO_2 e CH_4 .

Pedreira et al. (2009) encontraram diferenças nas taxas de emissão de metano entre as raças e categorias de animais, em função de diferenças no tamanho dos compartimentos gástricos e exigências nutricionais. Eles ainda observaram relação entre digestibilidade da matéria orgânica e emissão de metano. Vacas que apresentaram maior emissão, apresentaram maior valor de digestibilidade da matéria orgânica, corroborando com os resultados aqui obtidos, sendo maior emissão no pastejo período das águas, que apresentou, também, maior DMO em animais de idade superior.

Demarchi et al. (2003) obtiveram, durante avaliação no verão, maior emissão de CH_4/CMS (46,7g/kg) em bovinos do que nas outras estações, e na primavera (35,3 g/kg) houve tendência de valores mais baixos em relação ao inverno (39,7 g/kg). O autor atribuiu essas diferenças ao menor teor de FDN na primavera e a alta digestibilidade dos componentes da fibra no verão.

Alguerre et al. (2011), trabalhando com animais da raça Holandesa confinados, recebendo dieta formulada à base de silagem de milho e sorgo, encontraram o valor de 586 CH_4 g/dia, sendo superior ao encontrado no presente estudo (112,82 CH_4 g/dia), podendo estar relacionado ao maior teor de FDN (72%) da dieta e ainda a raça e categoria animal utilizados por eles, uma vez que o teor de FDN encontrado no confinamento foi de 50%.

Segundo Lassey et al. (1997), em torno de 87% da variação na emissão de CH_4 é atribuído às diferenças entre os animais, e, somente 13% é devido às diferenças na ingestão de matéria seca. Portanto, as características intrínsecas aos animais são importantes causas de variação na quantidade de CH_4 produzido pelos mesmos. De acordo com Lassey (2002), essas variações podem ocorrer em animais zebuínos, taurinos e cruzados e podem estar associada às distintas características dos animais, como volume do rúmen, capacidade de seleção de alimentos, tempo de retenção dos alimentos no rúmen e às associações de fatores que conduzem à maior ou menor capacidade de digestão da fibra dos alimentos.

As variáveis CH_4/CEB (%), CH_4/CFDN g/kgMS e $\text{CH}_4/\text{CFDNpd}$ g/kgMS foram maiores para os animais pastejando no período das águas (4,23; 26,08 e 33,99, respectivamente), comparado ao plano nutricional confinamento (Tabela 4).

Harper et al. (1999) observaram que bovinos em pastagens tropicais emitiram maior quantidade de CH_4 , cerca de quatro vezes, em comparação com bovinos alimentados com dietas de alto grão. Isto correspondeu à conversão de 7,7 a 8,4% de energia bruta em CH_4 , quando consumiram pastagem e apenas 1,9 a 2,2% quando consumiram dieta de alto grão. No presente trabalho, para o período seco e para confinamento, foram encontrados valores de 10,07% e 3,65%, respectivamente.

Kurihara et al. (1999), trabalhando com bovinos alimentados com gramíneas de clima tropical, encontraram perdas de energia de 10,4% com capim-rodes (*Chloris gayana*) e 11,4% com capim-engleton (*Dicanthium aristatum*). Primavesi et al. (2004a) encontraram valores médios de 10,6 e 9,1% em vacas lactantes e secas, respectivamente, em pastagem adubada e, de 9,6 e 7,8% em novilhas mantidas em pastagem adubadas e sem adubação, respectivamente.

O Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2006) prevê perdas de EB em forma de metano de 6,5 a 7,5% por bovinos, em condições tropicais. Sendo assim, os valores

encontrados no presente estudo no confinamento e período das águas (4,17% e 3,65%, respectivamente), estão abaixo desses valores previstos, o que demonstra que há variações na emissão de metano entre os sistemas de produção e mais estudos são necessários para maiores precisões.

CONCLUSÕES

A produção de metano entérico é influenciada pelo consumo, digestibilidade, composição da dieta e qualidade da pastagem. A melhor qualidade da dieta no plano nutricional confinamento, proporcionou um maior consumo e uma menor perda de energia na forma de metano, o que demonstra que o manejo alimentar pode ser uma importante estratégia para a mitigação do metano produzido por ruminantes, gerando sistemas mais produtivos e sustentáveis. Devido às variações de emissão de metano em relação a outros trabalhos, mais estudos devem ser realizados, principalmente nas condições do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALGUERRE, M.J.; WATTIAUC, M.A.; POWELL, J.M.; BRODERICK, G.A. Effect of forage to concentrate ratio in dairy cow diets on emission of methane, carbon dioxide and ammonia, lactation performance and manure excretion. **Journal Dairy Science**, v.94, n.6, p.3081-3093, 2011.
- ARCURI, P.B.; LOPES, F.C.F.; CARNEIRO, J.C. Microbiologia do rúmen. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes**. 1º Ed. Jaboticabal: FUNEP, p.111-140. 2006a.
- ARCURI, P.B.; MANTOVANI, H.C. Recentes avanços em microbiologia ruminal e intestinal. V Simpósio de Produção de Gado de Corte. **Anais**. p. 271-312, 2006b.
- ARGYLE, J.L.; BALDWIN, R.L. Modeling of rumen water kinetics and effects of rumen pH changes. **Journal Dairy Science**, v.71, n.5, p.1178–1188, 1988.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. 1990. **Official methods of analysis**. 15 ed. Arlington. 1117p.
- BARTHRAM, G.T. **Experimental techniques: the HFRO sward stick**. Hill Farming Research Organization/Biennial Report, p.29-30. 1985.
- BENCHAAAR, C.; RIVEST, J.; POMAR, C.; CHIQUETTE, J. Prediction of methane production from dairy cows using existing mechanistic models and regression equations. **Journal Animal Science**, v.76, n.2, p.617–627, 1998.
- BENCHAAAR, C.; POMAR, C.; CHIQUETTE, J. Evaluation of dietary strategies to reduce methane production in ruminants: a modeling approach. **Canadian Journal of Animal Science**, v.81, n.4, p.563-574, 2001.
- BLAXTER, K.L.; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **British Journal of Nutrition**, v.19, n.1, p.511-522, 1965.
- BERCHIELLI, T.T.; MESSANA, J.D.; CANESIN, R.C. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.4, p.954-968. 2012.

- BOADI, D.; BENCHAAAR, C.; CHIQUETTE, J.; MESSÉ, D. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: update review. **Canadian Journal of Animal Science**, v 84, n.3, p.319-315, 2004.
- BRITO, R.M. **Valor econômico da suplementação alimentar para bovinos em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. 90 f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, 2004.
- BURNS, J.C.; POND, K.R.; FISHER, D.S. Measurement of forage intake. In: FAHEY JUNIOR, G.C. (Ed). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, p.494-531. 1994.
- CANESIN, R.C. **Frequência da suplementação de bovinos da raça Nelore mantidos em pastagens**. 119f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 2009.
- CAVALCANTE, A.C.R.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C.; RIBEIRO, K.G.; GARCIA, R.; LANA, R.P. Dietas contendo silagem de milho (*Zea mays* L.) e feno de Capim-Tifton 85 (*Cynodon* spp.) em diferentes proporções para bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2394-2402, 2004.
- COCHRAN, R.C.; GALYEAN, M.L. Measurement of in vivo forage digestion by ruminants. Forage quality, evaluation and utilization. In: FAHEY JR, G.C. (Ed.) **Madison: American Society of Agronomy**. p.613-643. 1994.
- COELHO DA SILVA, J.F., LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres. 380p. 1979.
- CORNELL NET CARBOHYDRATE AND PROTEIN SYSTEM - CNCPS v. 6.1. **Cornel University - Departament of Animal Science**, 2008.
- COSTA, N.L.; GONÇALVES, C.A.; OLIVEIRA, J.R.C.; OLIVEIRA, M.A.S.; MAGALHÃES, J.A. **Resposta de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a regimes de cortes**. Rondônia: Embrapa. 2004. 3p. (Comunicado técnico 279)
- DEMARCHI, J.J.A.A.; LOURENÇO, A.J.; MANELLA, M.Q.; ALLEONI, G.F.; FRIGUETTO, R.S.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M.A. Daily methane emission at different seasons of the year by Nelore cattle in Brazil grazing *Brachiaria brizantha* cv. Marandu – Preliminary results. IX World Conference On Animal Production And XVIII Reunião Latinoamericana de Produção Animal. **Abstracts**. p.19, 2003.

- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VALADARES FILHO, S.C.; EUCLYDES, R.F.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S. Suplementação de Novilhos Mestiços durante a Época das Águas: Parâmetros Ingestivos e Digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1340-1349, 2001.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VALADARES FILHO, S.C.; EUCLYDES, R.F.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S. Cromo e Indicadores Internos na Determinação do Consumo de Novilhos Mestiços, Suplementados, a Pasto.. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1340-1349, 2001(b).
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F. Predição do valor energético de dietas para bovinos a partir da composição química dos alimentos. In: Valadares Filho, S.C. et al. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados: BR-Corte**. 2 ed. Viçosa: UFV, p.47-64. 2010.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para Análise de Alimentos - INCT - Ciência Animal**. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema.p.214, 2012.
- ESTEVES, S.N.; BERNARDI, A.C.C.; VINHOLIS M.M.; PRIMAVESI, O. **Estimativas da emissão de metano por bovinos criados em sistema de integração lavoura-pecuária em São Carlos, SP**. São Carlos: EMBRAPA. 2010. 7p. (Circular Técnica 65).
- EUCLIDES, V.P.B.; CARDOSO, E.G.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Consumo voluntário de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2200-2208, 2000.
- FORBES, J.M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. Wallingford: CAB International, 1995. 532p.
- GRAINGER, C.; CLARKE, T.; MCGINN, S.M.; AULDIST, M.J.; BEAUCHEMIN, K.A.; HANNAH, M.C.; WAGHORN, G.C.; CLARK, H.; ECKARD, R.J. Methane emissions from dairy cows measured using the sulfur hexafluoride (SF6) tracer and chamber techniques. **Journal Dairy Science**, v.90, n.6, p. 2755-66, 2007.
- HALL, M.B.; AKINYODE, A. Cottonseed hulls: working with with a novel fiber source. Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, 11, 2000, Gainesville. **Proceedings**. p.179-186. 2000.

- HAMMOND, K.L.; MUETZEL, S.; WAGHORN, G.C.; PINARES-PATINO, C.S.; BURKE, J.L.; HOSKIN, S.O. The variation in methane emissions from sheep and cattle is not explained by the chemical composition of ryegrass. **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**, v.69, n.1, p.174-178, 2009.
- HARPER, L.A.; DENMEAD, O.T.; FRENEY, J.R.; BYERS, F.M. Direct measurements of methane from grazing and feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.77, n.6, p.1392-1401, 1999.
- HART, K.J.; MARTIN, P.G.; FOLEY, P.A.; KENNY, D.A.; BOLAND, T.M. Effect of sward dry matter digestibility on methane production, ruminal fermentation, and microbial populations of zero-grazed beef cattle. **Journal Animal Science**, v.87, n.10, p.3342-3350, 2009.
- HOLTER, J.B.; YOUNG, A.J. Nutrition, feeding and calves: methane production in dry and lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.4, p.2165-2175, 1992.
- HOOK, S.E.; WRIGHT A.D.G.; MCBRIDE B.W. Methanogens: methane producers of the rumen and mitigation strategies. **Archaea**, v.2010, n.1, p.1-11, 2010.
- HUNGATE, R.E.; SMITH, W.; BAUCHOP, T.; YU, I.; RABINOWITZ, J.C. Formate as an intermediate in the bovine rumen fermentation. **Journal of Bacteriology**, v.102, n.2, p.389-397, 1970.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2001: the scientific basis. **Intergovernmental panel on climate change**. Cambridge University Press, Cambridge, 2001.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Chapter 10: Emissions from livestock and Manure Management. p.10.1-10.84, 2006.
- ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F.; VALADARES, R.F.D.; PAULINO, M.F.; ITAVO, C.C.B.F.; MORAES, E.H.B.K. Comparação de indicadores e metodologia de coleta para estimativas de produção fecal e fluxo de digesta em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1833-1839, 2002.
- JOHNSON, K.; HUYLER, M.; WESTBERG, H.; LAMB, B.; ZIMMERMAN, P. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF₆ tracer technique. **Environmental Science & Technology**, v. 28, p.359-362, 1994.

- JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. **Journal Animal Science**, v.73, p.2483–2492, 1995.
- KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3ª Ed, Santa Maria: UFSM, RS, 2011. 214p.
- KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R.A.; McCRABB, G.J. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. **British Journal of Nutrition**, v.81, p.227–234, 1999.
- LASSEY, K.R.; ULYATT, M.J.; MARTIN, R.J.; WALKER, C.F.; SHELTON, D.I. Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand. **Atmospheric Environment**, v.31, n.18, p.2905-291, 1997.
- LASSEY, K.R. Methane emission by grazing livestock: some findings on emission determinants. 3th International Symposium of NON-CO₂ greenhouse gases, **Proceedings**. p.95-100, 2002.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- MANELLA, M.Q.; LOURENÇO, A.J.; LEME, P.R. Recria de bovinos Nelore em pastos de *Brachiaria brizantha* com suplementação protéica ou com acesso a banco de proteína de *Leucaena leucocephala*. Características de fermentação ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.1002-1012, 2003.
- MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa**. 2009. Disponível em www.oc.org.br. Acesso em: 01 Dez. 2011.
- McALLISTER, T. A.; OKINE, E. K.; MATHISON, G. W.; CHENG, K.J. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. **Canadian Journal of Animal Science**, v.76, n.2, p.231-243, 1996.
- McCARTHY JR, R.D.; KLUSMEYER, T.H.; VICINI, J.L.; CLARK, J.H.; NELSON, D.R. Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrient to the small intestine of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.72, n.8, p.2002-2016, 1989.
- McMENIMAN, N.P. Methods of estimating intake of grazing animals. 34ª Reunião Annual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais**. p.131-168, 1997.

- MERCHEN, N.R. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: CHURCH, D.C. (Ed.) **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. New Jersey: Prentice Hall, p.172-201. 1988.
- MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. Simpósio Internacional de Ruminantes. **Anais**. p.188, 1992.
- MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. **Journal of Dairy Science**, v.63, n.9, p.1437-1446, 1980.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. Forage quality, evaluation and utilization. In: FAHEY JR, G.C. (Ed.) **Madison: American Society of Agronomy**. p.450-493. 1994.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, n.6, p.1217-1240, 2002.
- MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. Academic Press, 1990. 483p.
- MOORE, J.E.; BRANT, M.H.; KUNKLE, W.E. et al. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. **Journal Animal Science**, v.77, n.2, p.122-135, 1999.
- MORAIS, J.A.S.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A. Aditivos. In: BERCHIELLI, T.T., PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, p.539-570, 2006.
- MOSS, A.R.; JOUANY, J.P.; NEWBOLD, J. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. **Annales Zootechnie**, v.49, n.3, p.231-253, 2000.
- MOTT, G. O.; LUCAS, H. L. The design, conduct and interpretation of grazing trials in cultivated and improved pastures. Internation Grassland Congress, **Proceedings**. p.1380-1385, 1952.
- MUÑOZ, C.; YAN, T.; WILLS, D.A.; MURRAY, S.; GORDON, A.W. Comparison of the sulfur hexafluoride tracer and respiration chamber techniques for estimating methane emissions and correction for rectum methane output from dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n.6, p.3139–3148, 2012.

- MYERS, W.D.; LUDDEN, P.A.; NAYIGIHUGU, V. et al. Technical Note: a procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. **Journal of Animal Science**, v.82, n.1, p.179-183, 2004.
- NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; LIMA, M.L.M. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p.193-234, 2011.
- PAULINO, M.F., DETMANN, E., ZERVOUDAKIS, J.T. Suplementos múltiplos para recria e engorda de bovinos em pastejo. Simpósio de produção de bovinos de corte, 2. **Anais**. p.187-232, 2001.
- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. Suplementação animal em pasto: energética ou proteica. Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem, 3. **Anais**. p.359-392. 2006.
- PEDREIRA, M.S.; BERCHIELLI, T.; OLIVEIRA, S. Produção de metano e concentração de ácidos graxos voláteis ruminal em bovinos alimentados com diferentes relações de volumoso:concentrado. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41. **Anais**. NR 371. 2004.
- PEDREIRA, M.S.; PRIMAVESI, O.; APARECIDA, M.; FRIFGHETTO, R.; OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T. Ruminal methane emission by dairy cattle in Southeast Brazil. **Scientia Agricola**, v.66, n.6, p.742-750, 2009.
- PEREIRA, E.M.O.; EZEQUIEL, J.M.; BIAGIOLI, B.; FEITOSA, J. Determinação *in vitro* do potencial de metano e dióxido de carbono de líquido ruminal provenientes de bovinos de diferentes categorias. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.14, n.4, p.120-127, 2006.
- POPPI, D.P.; MINSON, D.J.; TERNOUTH, J.H. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. 1. The voluntary intake, digestibility and retention time in the reticulo-rumen. **Australian Journal Agricultural Research**, v.32, n.1, p.99-108, 1981.
- POPPI, D.P.; McLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal Animal Science**, v.73, n.1, p.278-290, 1995.
- PRIMAVESI, O.; FRIFGHETTO, R.T.; PEDREIRA, M.S.; LIMA, M.A.; BERCHIELLI, T.T.; BARBOSA, P.F. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.3, p.277-283, 2004a.

- PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.T.S.; PEDREIRA, M.S.; LIMA, M.A.; BERCHIELLI, T.T.; DEMARCHI, J.J.A.A.; MANELLA, M.Q. ; BARBOSA, P.F.; JOHNSON, K.A.; WESTBERGG, H.H. **Técnica do gás traçador SF₆ para medição de campo do metano ruminal em bovinos: adaptações para o Brasil**. 1ª ed., São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004b. 76p. (Documentos 39).
- ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: James, W.P.T., Theander, O. (Eds.). **The Analysis of Dietary Fiber**. Marcell Dekker, New York, p.138-147, 1981.
- SANTOS, E.D.G; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S.; FONSECA, D.M. **Terminação de tourinhos Limousin X Nelore em pastagem diferida de *Brachiaria Decumbens* stapf, durante a estação seca, alimentados com diferentes concentrados**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.6, p.1627-1637, 2004.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS user's guide**. Cary: SAS Institute, 2002. 1686p.
- SHIOYA, S.; TANAKA, M.; IWAMA, K.M. Development of nutritional management for controlling methane emissions from ruminants in Southeast Asia. Greenhouse Gases in Animal Agriculture, **Proceedings**. p.346-349. 2001.
- SILVA, R.R.; PRADO, I.N.; CARVALHO, G.G.P.; SILVA, F.F.; SANTANA JUNIOR, H.A.; SOUZA, D.R.; DIAS, D.L.S.; PEREIRA, M.M.; MARQUES, J.A.; PAIXÃO, M.L. Novilhos nelore suplementados em pastagens: consumo, desempenho e digestibilidade. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n.228, p.549-560, 2010.
- SNIFFEN, C.J.; BEVERLY, R.W.; MOONEY, C.S. et al. Nutrient requirement versus supply in dairy cow: Strategies to account for variability. **Journal Dairy Science**, v.76, p.3160-3178, 1993.
- STORM, I.M.L.; HELLWING, A.L.F.; NIELSEN, N.L.; MADSON, J. Methods for measuring and estimating methane emission from ruminants. **Animals**, v.2, n.2, p.160-183, 2012.
- TITGEMEYER, E.C.; ARMENDARIZ, C.K.; BINDEL, D.J. et al. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, n.4, p.1059-1063, 2001.
- USEPA - UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. **Overview of Greenhouse Gases**. Disponível em: <http://www.epa.gov/methane/sources.html>, 2010. Acesso em: 01 Dez. 2011.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Annual Livestock Report 2012**. 2012

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. Fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p.151-179, 2006.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**, 2.ed. Cornell University Press. 1994.

VIEIRA, S.S.; ZOTTI, C.A.; PAULINO, V.T. **Práticas de manejo para minimizar a emissão de gases do efeito estufa associadas ou não ao uso de fertilizantes**. Nova Odesa: Instituto de Zootecnia. 2010. 45p.

WESTBERG, H.H.; JOHNSON, K.A.; COSSALMAN, M.W.; MICHAL, J.J. **A SF₆ tracer technique: methane measurement from ruminants**. Pullman: Washington State University, 1998. 40p.

WILKERSON, V.A.; CASPER, D.P.; MERTENS, D.R. The prediction of methane production of Holstein cows by several equations. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.11, p.2402-2414, 1995.

WILLIAMS, C.H.; DAVID, D.J.; LISMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. **The Journal of Agricultural Science**, v.59, n.3, p.381-385, 1962.