

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO”**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
Campus de Jaboticabal**

**PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO E PARÂMETROS
RUMINAIS DE BOVINOS EM PASTOS DE CAPIM MARANDU
MANEJADOS COM DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO
NITROGENADA**

Luíza Freitas de Oliveira Melo

Jaboticabal-SP

2019

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO”**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
Campus de Jaboticabal**

**PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO E PARÂMETROS
RUMINAIS DE BOVINOS EM PASTOS DE CAPIM MARANDU
MANEJADOS COM DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO
NITROGENADA**

Luíza Freitas de Oliveira Melo

Orientadora: Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri

Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, como
parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Zootecnia.

Jaboticabal-SP

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

M528p

Melo, Luíza Freitas de Oliveira

Produção de metano entérico e parâmetros ruminais de bovinos em pastos de capim marandu manejados com diferentes doses de adubação nitrogenada / Luíza Freitas de Oliveira Melo. -- Jaboticabal, 2019

66 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientadora: Ana Cláudia Ruggieri

1. Balanço de Nitrogênio. 2. Bovino de Corte. 3. Degradabilidade. 4. Gases de Efeito Estufa. 5. Pastagem. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

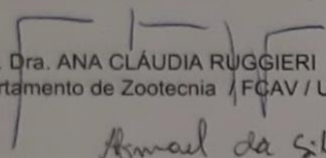
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

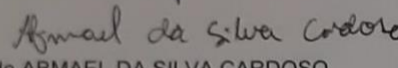
TÍTULO DA TESE: PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO E PARÂMETROS RUMINAIS DE BOVINOS EM PASTOS DE CAPIM MARANDU MANEJADOS COM DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

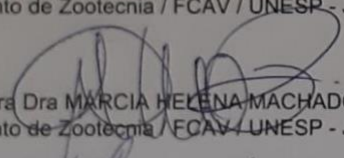
AUTORA: LUIZA FREITAS DE OLIVEIRA MELO

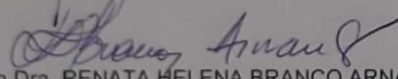
ORIENTADORA: ANA CLÁUDIA RUGGIERI

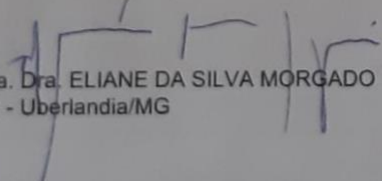
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. ANA CLÁUDIA RUGGIERI
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Pós-doutorando ABMAEL DA SILVA CARDOSO
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Pesquisadora Dra. MÁRCIA HELENA MACHADO DA ROCHA FERNANDES
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Pesquisadora Dra. RENATA HELENA BRANCO ARNANDES
Instituto de Zootecnia - Sertãozinho/SP


Profa. Dra. ELIANE DA SILVA MORGADO (Videoconferência)
UFU - Uberlândia/MG

Jaboticabal, 01 de abril de 2019

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Luíza Freitas de Oliveira Melo – Nasceu em Cássia interior de Minas Gerais no dia 28 de Fevereiro de 1989. Filha de Josué Pimenta de Oliveira e Maria Aparecida de Freitas Oliveira. Em 2007, iniciou sua graduação em Zootecnia na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Câmpus de Jaboticabal. Em 2012 ingressou no Mestrado nessa mesma Universidade, sob a orientação da Profa. Dr^a. Ana Cláudia Ruggieri e Co orientação da Dr^a Renata Helena Branco Arnandes. Em 2015 iniciou o doutorado também nesta Universidade sob a orientação da Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri. Durante sua vida acadêmica focou nas áreas de pesquisa em nutrição de ruminantes, manejo de pastagens e produção de metano entérico.

Aos meus pais, Josué e Cidinha, que sempre me apoiaram, incentivaram e acreditaram no meu potencial e na minha capacidade de superar limites;

Às minhas irmãs pelo apoio e amizade;

Ao meu esposo Isaías e minha filha Isadora por todo amor e carinho incondicional...

DEDICO

À Deus, que é soberano em todas as coisas e governa minha vida...

OFEREÇO

Primeiramente à Deus, por ter me capacitado, me dado sabedoria e força em todos os momentos! Obrigada Senhor porque a Sua misericórdia se renova a cada manhã sobre a minha vida!

Aos meus pais, Josué e Cidinha, por terem sido a todo instante meu suporte, me encorajando e disciplinando sempre que necessário;

Às minhas irmãs, Letícia e Patrícia, pela companhia e amizade;

Ao meu esposo, Isaías, pelo amor e paciência. Só nós sabemos quão difícil foi essa trajetória!

À minha filha, Isadora, que encheu meu mundo de alegria e me deu mais força para continuar lutando pelo meu ideal.

À toda minha família que, por mais ausente devido à distância, sei que todos torceram por mim;

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso;

À minha orientadora, Profa. Dr^a. Ana Cláudia Ruggieri, pela confiança, amizade, compreensão, ensinamentos e disposição em ajudar sempre.

Ao Dr. Abmael Cardoso, pela paciência e disposição em ensinar e colaborar com o estudo, sendo fundamental na execução deste trabalho.

À Dr^a. Márcia Fernandes, pela ajuda, apoio e amizade, tanto profissional quanto pessoal, sendo fundamental na finalização deste estudo;

À banca examinadora, Dr^a. Renata Helena Branco, que tão generosamente sempre me ajudou e me incentivou nessa trajetória acadêmica e mais uma vez está contribuindo para o meu sucesso, e ao Prof. Dr. Euclides Braga Malheiros, pela disposição em contribuir na banca de qualificação, e abrilhantar a mesa examinadora com sua presença.

A todos os alunos e estagiários do Setor de Forragicultura da Unesp-Jaboticabal, por toda a ajuda, apoio, conversas e amizades. Sou extremamente grata a todos vocês. Um experimento dessa dimensão não teria sido concretizado sem o esforço e ajuda voluntária de todos.

À Igreja Presbiteriana de Jaboticabal e seus membros, pela comunhão em todos os momentos e pelas orações que com certeza me fortaleceu nesse momento tão delicado;

As Agências de Fomento Capes e FAPESP, pela concessão da bolsa e recursos para este experimento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A todos o meu muito obrigada, de coração!!

AGRADEÇO

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura.....	2
2.1. Importância da adubação nitrogenada para o crescimento de plantas forrageiras	2
2.2. Metabolismo dos compostos nitrogenados no animal e no ambiente	5
2.3. Parâmetros ruminais	8
2.4. Produção de metano entérico	11
2.4.1. Produção de metano decorrente da fermentação ruminal	13
3. Hipóteses.....	17
4. Referências	18
CAPÍTULO 2 - BALANÇO DE NITROGÊNIO E PARÂMETROS RUMINAIS DE BOVINOS MANEJADOS EM PASTOS DE CAPIM MARANDU ADUBADOS COM DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO	24
Introdução	25
Material e métodos.....	27
<i>Local e área experimental</i>	27
<i>Tratamentos e animais</i>	29
<i>Amostras de forragem</i>	30
<i>Consumo de matéria seca</i>	31
<i>Parâmetros ruminais</i>	33
<i>Balanço de Nitrogênio</i>	34
<i>Análises Químicas</i>	36
<i>Análises estatísticas</i>	36
Resultados	37
Discussão.....	42
Conclusão	46
Referências	46

CAPÍTULO 3- PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO EM BOVINOS DE CORTE DURANTE A ESTAÇÃO CHUVOSA EM PASTAGENS TROPICAIS DE CAPIM MARANDU ADUBADAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE NITROGÊNIO	50
INTRODUÇÃO	51
MATERIAL E MÉTODOS	52
<i>Local e área experimental</i>	<i>52</i>
<i>Tratamentos e animais</i>	<i>54</i>
<i>Massa de forragem, composição morfológica e química da forragem</i>	<i>55</i>
<i>Valor nutritivo</i>	<i>56</i>
<i>Metano entérico</i>	<i>58</i>
<i>Produção Animal e Consumo de Nutrientes</i>	<i>60</i>
<i>Análises estatísticas</i>	<i>61</i>
RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS	64

PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO E PARÂMETROS RUMINAIS DE BOVINOS EM PASTOS DE CAPIM MARANDU MANEJADOS SOB NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

RESUMO - O presente trabalho foi realizado com o intuito de avaliar o aumento da eficiência de utilização dos pastos por meio da adubação nitrogenada com vistas a aumentar a eficiência nutricional da produção de carne em pastagens, além de avaliar os impactos ambientais causado pela emissão de metano entérico por bovinos de corte. O trabalho teve duração de dois anos e foi conduzido no setor de Forragicultura da UNESP-Jaboticabal, SP, em área experimental constituída por pastagem de *Brachiaria brizantha* Hochstex A. RichStapf cv. Marandu. Foram utilizados 12 piquetes com áreas de 0,5; 0,7; 1,0 e 1,3 ha cada, somados a mais 1,5 ha de piquetes reservas. O experimento teve início em dezembro de 2014 e término em abril de 2016. Foi utilizado o método de lotação contínua com taxa de lotação variável e altura fixa de pastejo de 25 cm. Os tratamentos foram quatro doses de fertilizante nitrogenado (0, 90, 180 e 270 kg N/ha/ano), aplicadas em três momentos durante as águas nos dois anos experimentais. Neste estudo foram utilizados animais canulados e “testers”, sendo que os primeiros foram utilizados para determinação do consumo edegradabilidade da FDN, e parâmetros ruminais, enquanto os “testers” foram usados para mensurações da produção de metano entérico. As médias dos dados referentes às coletas periódicas no tempo foram analisadas por meio de modelos mistos PROC MIXED. A escolha da matriz de covariância entre tempos, para cada variável, foi feita por meio do critério de Akaike (AIC) e as análises foram realizadas considerando a dose de nitrogênio e o ano como efeito fixo. Contrastes ortogonais polinomiais foram usados para testar os efeitos linear e quadrático dos tratamentos, sendo considerados efeitos com $p < 0,05$. A emissão de metano foi analisada comparando as médias entre os tratamentos por meio de comparações pelo teste de Tukey, também ao nível $p < 0,05$. As médias dos consumos de matéria seca foram: 12,86; 12,25; 11,02 e 10,77 kg/dia, respectivamente para os tratamentos de 0, 90, 180 e 270 kgN/ha/ano e não diferiram entre si. Houve diferença ($p=0,0032$) para pH ruminal nos diferentes tratamentos e também ($p < 0,0001$) entre os horários coletados (8, 10, 12, 14, 16, e 18 horas). Houve diferença ($p=0,0008$) para N amoniacal entre os tratamentos, sendo o efeito das doses sobre o N amoniacal quadrático. Foi observada diferença também para digestibilidade do N ($p=0,0025$), com tendência linear. Não foram observadas diferenças nas variáveis fração potencialmente degradável B1, fração não degradável C1, e nas degradabilidade efetiva (DE) e potencial (DP) ($p \geq 0,7053$). A emissão de metano entérico foi diferente ($p < 0,05$), em todas as unidades calculadas, entre os tratamentos estudados. Conclui-se que o aumento nas doses de nitrogênio, via adubação, causou alterações na eficiência de produção e na emissão de metano, sendo que foram observados efeitos quadráticos, sendo a dose de 180 kg N/ha/ano capaz de obter ótimos resultados tanto na produtividade, quanto na eficiência de uso do nutriente.

Palavras-chave: balanço de nitrogênio, bovino de corte, degradabilidade, gases de efeito estufa, pastagem.

ENTERIC METHANE PRODUCTION AND RUMINAL PARAMETERS FROM BEEF CATTLE KEPT IN MARANDU GRASS PASTURES MANAGED UNDER NITROGEN FERTILIZER LEVELS

ABSTRACT – This study was developed to evaluate the increasing on pasture use efficiency by nitrogen fertilization. The evaluations were observing higher nutritional efficiency from beef production in pastures, besides to evaluate environmental impacts caused by enteric methane emission from beef cattle. The study had two-year-long and was conducted in Forage and Grasslands sector of São Paulo State University, Jaboticabal, São Paulo. The experimental area has seeded *Brachiaria brizantha* Hochst ex A. Rich Stapf cv. Marandu. Twelve paddocks with different areas (0.5; 0.7; 1.0 and 1.3 ha) were used, besides a reserve paddock with 1.5 ha. The experiment started at 2014 December and finished at 2016 April. The pasture was managed using continuous grazing and variable stocking rate, and sward height equal 25 cm. Treatments evaluated were four nitrogen fertilizer levels (0; 90; 180 and 270 kg N/ha/year), which were fertilized during three different moments on wet season, repeated in each experimental year. In this study were used cannulated and testers animals. The first were used to measure NDF intake and degradability, and ruminal parameters. While testers were used to measure main enteric methane emission. The mean data from repeated measurement times were analyzed using mix model, PROC MIXED. The covariance matrix chooses between times, for each variable, was done considering Akaike criteria (AIC) and the analysis were developed considering nitrogen level and year as fixed effect. Polynomial orthogonal contrasts were used to evaluate linear and quadratic effects from treatments, being considered effects with $p < 0.05$. The methane emission was analyzed comparing means between treatments using Tukey test, with significance level $p < 0.05$. The means of dry matter intake were: 12.86; 12.25; 11.02 and 10.77 kg/day, respectively for treatments 0, 90, 180 and 270 kg N/ha/year, and these values did not differ between it one. Difference occurred ($p = 0.0032$) for ruminal pH value between treatments and too ($p < 0.0001$) time collect sample (8, 10, 12, 14, 16 and 18 hour). The rumen nitrogen ammonia values were different ($p = 0.0008$) for treatments, being determined quadratic effect for these values. About nitrogen digestibility, difference ($p = 0.0025$) was obtained and the linear effect was determined. Did not observed differences on variables potentially degradable fraction B1, non-degradable fraction C1, and on both effective and potentially degradability ($p \geq 0.7053$). The enteric methane emission was different ($p < 0.05$), in all calculated units, between treatments studied. Concluded that increasing nitrogen levels, by fertilization, caused changes on production efficiency and on methane emission, being that were observed quadratic effect. The level 180 kg N/ha/year was able to obtain great results both in productivity and in nutrient use efficiency.

KeyWords: beef cattle, degradability, green house gas, nitrogen balance, pasture

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

O Brasil é mundialmente conhecido pelos números da cadeia produtora de bovinos de corte. O país tem cerca de 222 milhões de cabeças, as quais possibilitam ao Brasil exportações acima de 1,5 milhões de toneladas, gerando uma receita bruta acima de 6 bilhões de dólares (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne – ABIEC, 2018). Apesar desses resultados, os índices de produtividade brasileiros ainda permanecem baixos quando comparados com outros países (Alves, 2011), como Estados Unidos e Austrália. Considerando que a pecuária de corte brasileira é fundamentada no tripé Cerrado/Nelore/*Brachiaria* (Ferraz e Felício, 2010), melhorias no manejo e emprego de tecnologias, são as ferramentas para incrementos na produtividade.

Dentre as tecnologias que podem ser adotadas, o emprego de adubação nitrogenada dos pastos contribui para a redução na pressão de abertura de novas áreas, devido principalmente ao aumento da capacidade de suportar maiores taxas de lotação animal. Tem-se também o aumento do teor de matéria orgânica do solo ao longo dos anos, que contribuem para manutenção da produtividade das pastagens, além de mitigarem emissões de gases de efeito estufa (Martha Júnior et al., 2004). Alguns estudos (Nascimento et al., 2013; Chagas et al., 2017 e Romanzini et al., 2017) tem reportado que o uso do nitrogênio, oriundo da adubação nitrogenada, não tem sido tão eficaz como o esperado. Tal situação ocorre devido às perdas no sistema, como

lixiviação e volatilização, por exemplo, as quais aumentam com o aumento da dose de adubação nitrogenada (Romanziniet al., 2017).

Neste cenário, a pecuária de corte brasileira vem sendo rotulada negativamente em questões ambientais, embora apresente ampla capacidade de redução das emissões e sequestro de carbono atmosférico. Assim, estudar estratégias que visam à diminuição da emissão e ainda relacionar essas taxas com os efeitos da adubação nitrogenada e com parâmetros ruminais se faz necessária para uma melhoria na eficiência do sistema como um todo.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a eficiência de utilização das pastagens por meio da adubação nitrogenada visando à diminuição de perdas e impactos ambientais. Tendo o mesmo como objetivos específicos:

- Avaliar a eficiência do uso do nitrogênio no sistema de produção de bovinos em pastos;
- Avaliar os parâmetros ruminais dos animais em pastejo;
- Avaliar a emissão de metano entérico pelos animais em função da adubação dos pastos.

2. Revisão de Literatura

2.1. Importância da adubação nitrogenada para o crescimento de plantas forrageiras

O máximo potencial produtivo das plantas é determinado geneticamente, mas fatores de meio e manejo interferem no quão próximo deste potencial é possível alcançar. De acordo com Heinrichs (2017) durante o ano de 2016 do total de

adubações realizadas nas diferentes culturas brasileiras, 1,5% corresponde às áreas de pastagens usadas na bovinocultura de corte. Esse número mostra o quão defasado está o manejo das pastagens no quesito adubação. Esse autor quantificou mais profundamente o uso específico de adubos nitrogenados, segundo ele o total usado no Brasil nas áreas de pastagens foi cerca de 520 mil toneladas, o que perfaz um total de 3,46 kg/ha na área total de pastagem e mais especificamente nas áreas de pastagens cultivadas um total de 7,00 kg/ha.

Dado às elevadas taxas de crescimento das espécies forrageiras tropicais, a baixa disponibilidade de nutrientes é um dos principais fatores que interferem na produtividade e qualidade das forrageiras, porque o nitrogênio proveniente da mineralização da matéria orgânica não é suficiente para atender a demanda de crescimento. Segundo Romanziniet al. (2018) a adubação nitrogenada é uma tecnologia pontual, que quando usada na bovinocultura de corte pode melhorar a produtividade, aumentando a taxa de lotação principalmente devido a maior massa de forragem produzida. É comum resultados de pesquisa que demonstram elevação expressiva na produção de forragem em diversas gramíneas tropicais (Caminha et al., 2010; Pompeu et al., 2010; Rodrigues et al., 2012), entretanto há que se destacar que essa prática deve ser desenvolvida considerando alguns pontos importantes, como fonte de nitrogênio, dose e forma de aplicação (Martha Júnior et al., 2004).

Outro fator preponderante relacionado a prática de adubação nitrogenada é que nem sempre aumentos em produção se traduzem em melhorias na composição morfológica, valor nutritivo, eficiência de utilização da forragem produzida e desempenho animal. Isso ocorre porque o nitrogênio acelera o ritmo de crescimento da planta e quando os ajustes em manejo não estão de acordo com a velocidade de

crescimento, a maior produção de folhas pode não compensar o concomitante aumento na proporção de colmos e material morto, diminuindo a quantidade de material passível de ser colhido pelo animal e seu valor nutritivo.

A importância da compreensão dos mecanismos envolvidos na aceleração do ritmo de crescimento de plantas com o suprimento de nitrogênio reside no fato de que as variações na velocidade de aparecimento e alongamento de folhas e da velocidade com que os perfilhos aparecem e morrem estão aliadas à necessidade de emprego de maiores taxas de lotação ou diminuição do período de descanso relativamente a ritmos de crescimento mais lentos (pastagens sem adubação ou com baixas doses de nitrogênio) como forma de assegurar a manutenção de uma mesma meta de manejo (e.g. altura, oferta ou massa de forragem).

No Brasil, as pastagens são quase exclusivamente formadas por gramíneas, principalmente as do gênero das braquiárias (Andrade, 2001), as quais raramente atendem as exigências nutricionais dos animais em pastejo, pois apresentam desbalanços nutricionais que limitam o consumo e/ou a digestibilidade. Durante a época seca do ano ocorre redução da qualidade nutricional destas gramíneas indicada, principalmente, pela redução do conteúdo de proteína bruta (PB), que pode atingir valores inferiores ao nível crítico de 6 a 7% da matéria seca (MS) (Reiset al., 2005), e assim, prejudicar o desempenho animal. Já durante a época chuvosa, a forragem disponível ao consumo animal tende a se apresentar com melhor qualidade, no entanto, apesar de melhorar o desempenho animal, a sua utilização como fonte nutricional ainda não é considerada ótima, pois de acordo com Detmann et al. (2010) existe um desbalanço nutricional em pastos tropicais durante a época das chuvas, caracterizado pelo relativo excesso de energia em relação à PB disponível. Devido a

esse desbalanço nos nutrientes consumidos via pastejo pelos animais ao longo do ano, Paulino et al. (2008) afirmam que há um desperdício no ganho potencial de cerca de 200 g/animal/dia, o qual pode ser corrigido por meio de técnicas de manejo tanto dos pastos, como manejo adequado e adubação dos pastos, quanto dos animais.

Trabalhos recentes (Barbero et al., 2015; Ferrari et al., 2017) desenvolvidos usando forrageiras tropicais como principal fonte alimentar reportam ganhos de peso acima de 0,850 kg/animal/dia, podendo atingir até 1,200 kg/animal/dia, durante a época das chuvas (águas) em condições não limitantes de oferta de forragem bem manejada para assegurar a manutenção dos atributos qualitativos com ou sem uso de suplementos. Entretanto, a produtividade animal nos trópicos ainda é baixa, principalmente devido à distribuição estacional e variação qualitativa da forragem. Portanto, algumas distorções associadas à sazonalidade da produção e do valor nutritivo das forrageiras necessitam ser corrigidas, visando atender as exigências nutricionais dos animais que dela se alimentarão, dos quais se espera um desempenho específico e elevado, fomentando assim ciclos pecuários curtos, com menores impactos ambientais e maiores retornos financeiros.

2.2. Metabolismo dos compostos nitrogenados no animal e no ambiente

De acordo com Bongartz et al. (2018) a eficiência de utilização da PB dietética é crucial na nutrição de ruminantes, para ambos suprimentos de nitrogênio aos microrganismos ruminais e aminoácidos aos ruminantes, além de reduzir a poluição ambiental devido a menor excreção do nutriente. A maioria das fontes proteicas dietéticas possuem alta digestibilidade em ruminantes, valores frequentemente acima de 90%. Por outro lado, os volumosos e fontes energéticas normalmente apresentam

menor digestibilidade. A proteína dietética indigestível é excretada nas fezes, enquanto a proteína digerida é convertida em aminoácidos que podem ser utilizados para síntese de tecido animal ou oxidados para produção de energia (ATP – adenosina trifosfato) com consequente geração de ureia no fígado, sendo parcialmente filtrada nos rins e excretada na urina (Figura 1). Parte dessa ureia ingressa no ciclo da reciclagem de nitrogênio e volta ao trato gastrointestinal, via saliva, onde é assimilada pelos microrganismos ruminais. Entretanto, parte desse nitrogênio, reciclado na forma de ureia e incorporado pelos microrganismos é excretado nas fezes como proteína bruta microbiana indigestível (Satter et al., 2002).

Com relação à excreção do nitrogênio em ruminantes, a maior parte desse composto não metabolizado, é excretado nas fezes e urina, sendo a perda de N por descamação pouco relevante. Nos dejetos (fezes e urina), os compostos nitrogenados estão presentes na forma de amônia ou de nitrogênio orgânico. Esses compostos são oriundos de alimentos não digeridos no trato digestório, proteína microbiana indigestível, nitrogênio endógeno, ureia e também nitrogênio amoniacal.

Segundo Steinfeld et al. (2006) a eficiência de assimilação do nitrogênio pelos animais domésticos normalmente é baixa, situação essa que acarreta elevada excreção de resíduos nitrogenados. De acordo com Hutchings et al. (1996), a eficiência de uso do nitrogênio em bovinos de corte é de aproximadamente 10%. Bezerra et al. (2013) reportaram que elevados níveis de nitrogênio na dieta de bovinos de corte, se associados com baixos níveis de energia, resultaram em difusão da amônia pela parede ruminal, elevando assim a excreção urinária de nitrogênio e/ou os níveis de ureia plasmática, ou seja, não há incorporação desse nitrogênio nos tecidos animais. Detmann et al. (2014) utilizando um banco de dados de animais em

pastejo em clima tropical, reportaram uma média de 11,6% para a eficiência aparente de utilização do nitrogênio, o que pode ser ocasionado pela fonte de nitrogênio disponibilizada aos animais ou até mesmo pelo desbalanço proteico-energético da dieta dos mesmos.

Algumas causas dessa baixa retenção podem ser explicadas de formas diferentes como, por exemplo, em sistema de pastejo pela baixa qualidade da forragem (baixo suprimento de nitrogênio). De acordo com Antunes et al. (2016), o metabolismo do nitrogênio é afetado pelos níveis de proteína bruta na dieta e a excreção urinária e fecal do nutriente aumenta linearmente com o consumo de proteína bruta. Níveis de proteína bruta na dieta acima das exigências nutricionais dos animais resultam em aumento na excreção de nitrogênio, principalmente via urinária. Assim, a redução na excreção de nitrogênio com base no atendimento das exigências nutricionais dos animais sem prejudicar o desempenho tem grande potencial de diminuir o impacto ambiental causado pelos sistemas de produção de bovinos de corte e, conseqüentemente, aumentar o retorno econômico de produtores, devido à elevação da eficiência de uso desse nutriente.

Uma vez excretado pelo animal o nitrogênio pode fazer parte de mecanismos tanto bióticos como abióticos, os quais originaram óxido nitroso no solo, o qual eleva os impactos ambientais da atividade. Dentre esses mecanismos podem ser citados: desnitrificação, nitrificação-desnitrificação, nitrificação, nitrificação acoplada - desnitrificação, amonificação-dissimilatória de nitrato, decomposição química e quimiodesnitrificação (Butterbach-Bahl et al., 2013). De acordo com Maeda et al. (2010) os principais mecanismos de produção do óxido nitroso, oriundo das fezes dos animais no solo, são a nitrificação e desnitrificação microbiana. Porém entender esses

processos de acordo com diferentes manejos adotados no sistema de produção é de suma importância para mitigar os impactos ambientais da atividade.

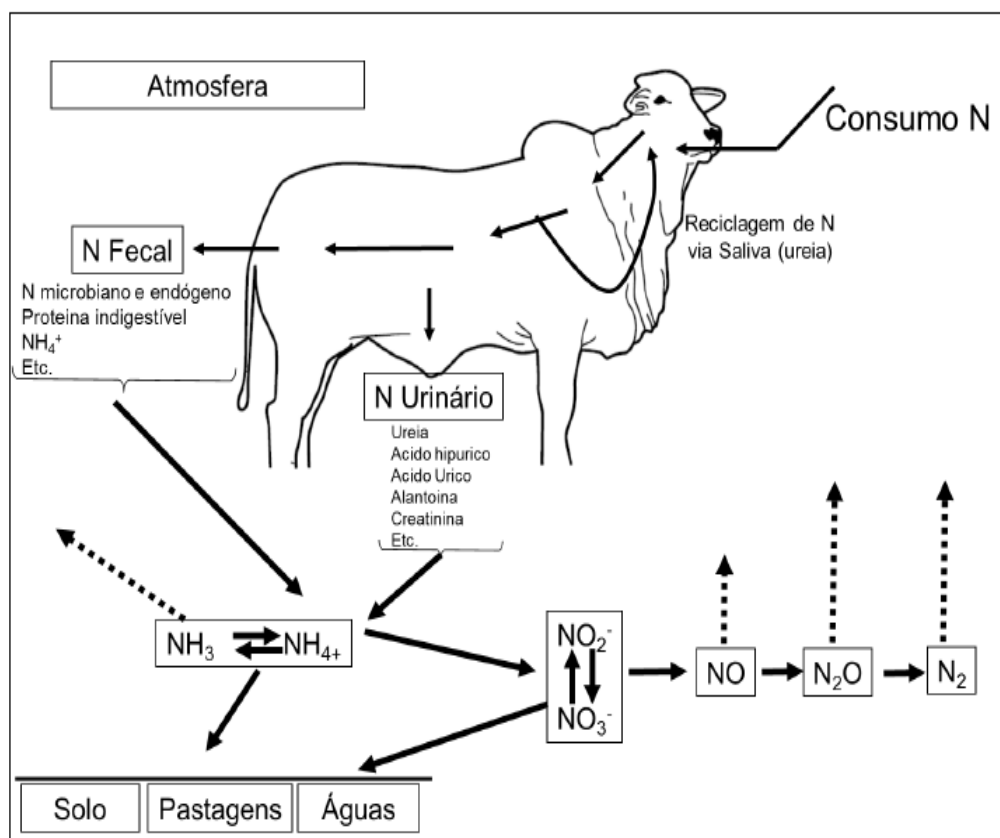


Figura1. Esquema que resume o ciclo do nitrogênio na bovinocultura de corte.
Fonte: Valadares Filho et al. (2016).

2.3. Parâmetros ruminais

De acordo com Delevattiet al. (2019) apesar de algumas pesquisas terem sido desenvolvidas para avaliar os sistemas de produção de bovinos de corte em pastejo, os resultados das variáveis associadas aos parâmetros ruminais (nitrogênio amoniacal(N-NH₃), pH e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) ainda tem oscilado muito. Tal afirmação demonstra a importância de tais pesquisas na determinação das condições ruminais entre os diversos manejos possíveis de serem desenvolvidos para o sistema de produção de bovinos de corte à pasto.

Conhecer e entender os processos envolvidos com a presença de N-NH_3 no rúmen é indispensável, uma vez que esse composto é indispensável para a síntese de proteína microbiana (Pengpeng e Tan, 2013). Segundo esses autores, todas fontes de nitrogênio dietético, alimentos proteicos e as fontes de nitrogênio não proteico (ureia), são degradadas no rúmen à peptídeos, aminoácidos e N-NH_3 , sendo esta não diretamente aproveitada pelos ruminantes, logo sua importância na síntese de proteína microbiana. Sua determinação permite o conhecimento do desbalanceamento na digestão da proteína, pois, quando há altas concentrações de amônia, pode ocorrer excesso de proteína dietética degradada no rúmen e/ou baixa concentração de carboidratos degradados no rúmen.

A importância do N-NH_3 pode ser definida ao se observar os resultados descritos por Ahvenjärvi et al. (2018), esses autores reportaram que mais de 50% do nitrogênio usado para a síntese de proteína microbiana advém do N-NH_3 . Morrison e Mackie (1996) relataram que mais de 80% das espécies de bactérias ruminais podem crescer tendo amônia como única fonte de nitrogênio. A concentração mínima de N-NH_3 necessária para manter máxima taxa de crescimento microbiano varia de acordo com a fermentação da dieta. Há variação nos dados relatados na literatura sobre os valores das concentrações de N-NH_3 ruminal requeridos para atender desde a manutenção até o crescimento dos microrganismos ruminais. Detmann et al. (2014) reportaram que a concentração mínima de N-NH_3 ruminal para a manutenção do crescimento de microrganismos é 6,3 mg/dL. Já Leng (1990) reportou que a concentração de 10 mg/dL é a mínima para melhorar as condições ruminais para digestão de animais mantidos em pastagens tropicais.

Deve-se destacar que, a concentração ótima de N-NH_3 ruminal varia de acordo com as dietas que os animais consomem (Van Soest, 1994). Ou seja, este valor não deve ser considerado como um número fixo, uma vez que a capacidade de síntese de proteína e captação de amônia pelas bactérias depende da taxa de fermentação dos carboidratos. Essa taxa consiste no suprimento de energia aos microrganismos ruminais, a qual se associa a eficiência de utilização de N-NH_3 pelos microrganismos para a síntese microbiana, ou seja, a disponibilidade de energia e proteína no rúmen deve ser adequada para permitir a síntese de proteína microbiana, processo conhecido como sincronismo proteico - energético. De acordo com o NRC (1996) entre 50 e 100% da proteína metabolizável exigida pelo bovino de corte pode ser atendida pela proteína de origem microbiana. Segundo Kozloski (2011), o suprimento de proteína para o duodeno consiste na soma da proteína microbiana sintetizada no rúmen, da proteína dietética não degradada no rúmen e da proteína endógena.

O pH e a taxa de passagem são fatores químicos e fisiológicos que influenciam no crescimento microbiano, sendo ambos influenciados pela dieta e por outros fatores correlacionados, como o nível de consumo, o manejo alimentar, a quantidade e a qualidade da forragem, além da proporção volumoso/concentrado da dieta. A diminuição do pH reduz a degradabilidade da proteína, celulose, hemicelulose e pectina, tais efeitos ocorrem em menores proporções sobre a digestão do amido. Além desse efeito sobre a degradabilidade de algumas frações dietéticas específicas, a redução do pH de 6,5 para 5,5 causará diminuição na eficiência de síntese microbiana (Hoover e Stokes, 1991). Caso ocorra redução moderada no pH ruminal, até aproximadamente 6,0; a digestão da fibra decresce um pouco, porém o número de

microrganismos fibrolíticos não é normalmente influenciado. Quando o pH atinge a faixa de 5,5 a 5,0; há diminuição no número de microrganismos fibrolíticos, bem como em suas taxas de crescimento, causando inibição na digestão da fibra (Hoover, 1986). Aumentos no consumo proporcionam maior escape de nitrogênio microbiano e de nitrogênio dietético para o duodeno, possivelmente, em virtude do aumento nas taxas de passagem (VanSoest, 1994).

Delevattiet al. (2019) avaliando diferentes sistemas de manejo de bovinos de corte em pastagens de capim tropical, reportaram valores de parâmetros ruminais (N-NH₃, pH e AGCC) variando entre 9,7 e 13,6 mg/dL para N-NH₃; 6,2 e 6,4 para pH e as concentrações dos AGCC, acético (44,9 e 52,4 mM/L), propiônico (10,7 e 12,0 mM/L) e butírico (6,0 e 6,6 mM/L); entre os diferentes sistemas avaliados. Esses autores concluem afirmando que os diferentes sistemas não alteraram essas variáveis, sendo ambos passíveis de uso. Neste sentido, fica evidente a necessidade de mais estudos que assim como Delevattiet al. (2019) comprovem a possibilidade de uso de diferentes sistemas com intuito de obtenção de bons resultados para a atividade.

2.4. Produção de metano entérico

O metano (CH₄) é um gás inodoro e incolor, sua molécula é um tetraedro e apolar, de pouca solubilidade na água, a qual possui 25 vezes mais capacidade de retenção de calor se comparada ao gás carbônico (CO₂) (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, 2007), contribuindo assim para o efeito estufa (Vieira et al., 2010). Em função do tamanho do rebanho bovino e do sistema extensivo de produção, o Brasil produz uma significativa quantidade de gases do efeito estufa (GEE),

principalmente de metano (CH_4). O aumento das emissões desses gases pode levar a um acréscimo da temperatura do planeta, com consequentes danos ambientais imprevisíveis. Porém a emissão de CH_4 varia em função do sistema de produção, da ingestão de matéria seca, da digestibilidade da dieta e das características dos animais de produção.

De acordo com o United States Department of Agriculture (USDA, 2016) e Environmental Protection Agency (EPA, 2015) as concentrações globais dos três mais importantes GEE (dióxido de carbono, metano e óxido nitroso) na atmosfera aumentaram aproximadamente 43, 152 e 20%, respectivamente. Esse cenário pontua o quão importante é o acompanhamento e mensurações desses gases na atividade pecuária, uma vez que estimativas da USDA (2016) apontam a fermentação entérica de ruminantes como responsável por 28% das emissões de GEE. Neste cenário o Brasil tem sido apontado como um importante produtor de CH_4 por ter o maior rebanho comercial e produzir carne bovina sob sistema extensivo.

Deve-se destacar que o metano entérico é oriundo de um processo natural ocorrido no trato digestivo dos animais tidos como ruminantes. Esse processo consiste em uma simbiose entre os ruminantes (hospedeiros) e microrganismos anaeróbios alojados em câmaras de fermentação (rúmen, retículo e omaso), onde esses microrganismos digerem alimentos fibrosos, os quais permitem o seu desenvolvimento e como subproduto dessa digestão, produzem CH_4 . Esse gás é emitido do animal para a atmosfera ou por exalação ou por eructação (USDA, 2016). Uma ressalva é que não só os ruminantes (bovinos, ovinos, caprinos) emitem CH_4 , os animais não ruminantes (porcos, cavalos, mulas) também emitem esse gás, porém

em menor quantidade devido ao local da fermentação entérica, no intestino grosso, local esse que tem menor capacidade de produção de CH₄ que o rúmen.

Barbero et al., (2015) mencionam dados reportados pelo IPCC (2006), onde segundo o órgão as emissões de CH₄ oriundas da bovinocultura de corte na América Latina giram em torno de 49kg/animal/ano, com média diária de 134g/animal/dia. No entanto os autores mensuraram valores diferentes ao exposto pelo órgão internacional, segundo eles as emissões de CH₄ em diferentes sistemas de produção, visando intensidade de produção, variam de 115 a 190g/animal/dia. Então o que fica claro é a necessidade de mais pesquisas que auxiliem na determinação real das emissões de metano entérico, dentre os diferentes sistemas de produção possíveis de serem adotados no Brasil.

2.4.1. Produção de metano decorrente da fermentação ruminal

A intensidade da emissão de metano proveniente da fermentação ruminal de bovinos de corte depende principalmente do tipo de animal, consumo de alimentos, digestibilidade da dieta e de medidas que proporcionem aumento na eficiência produtiva e resulte em ciclos de produção mais curtos. Segundo Primavesi et al. (2004), estas são indicações para a redução das emissões de metano pela pecuária de corte.

Em ruminantes, sob condições anaeróbicas, o CH₄ é produzido por bactérias metanogênicas presentes no ambiente ruminal e intestinal (*Methanobrevibacter* spp., *Methanomicrobium* spp., *Methanosarcina* spp., *Methanobacterium* spp., conhecidas como *Archaea* bactérias) (Lassey et al., 1997; Arcuri et al., 2006). Essas bactérias atuam consumindo, os subprodutos de outros microrganismos, os quais

durante o processo de fermentação de carboidratos e proteínas no interior do ambiente ruminal geram substratos para a síntese do CH₄. De acordo com Nagaraja et al. (1997) citados por Valadares Filho e Pina (2011) os substratos e as respectivas equações estequiométricas para formação do metano entérico podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Substratos utilizados no processo de metanogênese

Substratos	Equações
H ₂ e CO ₂	$4\text{H}_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$
Formato	$4 \text{HCO}_2\text{H} \longrightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
Metanol	$4 \text{CH}_3\text{OH} \longrightarrow 3 \text{CH}_4 + \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
Metanol e H ₂	$\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$
Metilamina	$4\text{CH}_3\text{NH}_2\text{Cl} + 2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3 \text{CH}_4 + \text{CO}_2 + 4 \text{NH}_4\text{Cl}$
Dimetilamina	$2 (\text{CH}_3)_2\text{NHCl} + 2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3 \text{CH}_4 + \text{CO}_2 + 4 \text{NH}_4\text{Cl}$
Trimetilamina	$4 (\text{CH}_3)_3\text{NHCl} + 6 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 9 \text{CH}_4 + 3\text{CO}_2 + 4 \text{NH}_4\text{Cl}$
Acetato	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H} \longrightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$

Avaliando as equações observa-se que os excessos de hidrogênio e dióxido de carbono (CO₂) produzidos durante a fermentação dos alimentos são os principais substratos para a formação do CH₄ pelas *Archaeametanogênicas*. Essas bactérias formam um grupo distinto e único de microrganismos (McAllister et al., 1996), as quais possuem parede celular composta por pseudomureína, proteína, glicoproteína ou heteropolissacarídeos e a sequência de nucleotídeos indica uma evolução inicial distinta das demais bactérias (Ishino et al., 1998). No rúmen, as *Archaea* são

encontradas intimamente associadas com protozoários ciliados e em justaposição com bactérias, não sendo essa, no entanto, uma localização obrigatória (Finlay et al., 1994). Para Ushida e Jouany (1996) as metanogênicas podem ser encontradas tanto aderidas na superfície celular dos protozoários, como na fase intracelular dos mesmos. Ainda segundo esses autores, considerando que os protozoários ciliados têm um grande potencial de produção de hidrogênio no rúmen, a associação somática das metanogênicas com estes ciliados indica uma relação simbiótica, em que as metanogênicas, por utilizarem o hidrogênio produzido pelos ciliados, favorecem a manutenção de um ambiente ruminal adequado ao desenvolvimento destes microrganismos (Van Soest, 1994).

A fermentação, que ocorre durante o metabolismo dos carboidratos ingeridos pelos ruminantes, é um processo anaeróbio, efetuado pela população microbiana ruminal, que converte os carboidratos em ácidos graxos de cadeia curta, principalmente ácidos, acético (C2), propiônico (C3) e butírico (C4). Nesse processo fermentativo, são produzidos dióxido de carbono (CO_2) e CH_4 , em quantidades variáveis, dependendo da concentração e das proporções relativas dos ácidos produzidos (Owens e Goetsch, 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, além da população microbiana presente no rúmen, a adaptação desta a dieta fornecida e as associações de fatores que conduzem a 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 aditivos alimentares ou lipídios) e ambientais (temperatura e manejo dos animais), as características intrínsecas à cada animal são importantes causas das variações na eficiência da utilização da energia ingerida e das consequentes quantidades de metano produzidas no rúmen.

Dietas a base de alimentos volumosos podem representar perdas energéticas para os animais, em relação à energia inicial consumida, que variam de 6 a 18% (Owens e Goetsch, 1988). De acordo com Johnson e Johnson (1995), em dietas compostas por cerca de 90% de alimentos concentrados, as perdas de energia na forma de CH_4 podem ser entre 2 e 3%, o que representa aproximadamente metade do valor normalmente encontrado (6%) nas dietas a base de volumosos.

O fornecimento de dietas que possibilitam maior quantidade de carboidratos rapidamente digestíveis, manutenção de altos níveis de ingestão, utilização de forragens de melhor qualidade, juntamente ao melhoramento genético dos animais, priorizando maior desempenho produtivo, constituem os principais recursos conhecidos e disponíveis (O'Hara et al., 2003) para reduzir as emissões de CH_4 entérico. Moss e Givens (2002) citaram que o desempenho mais elevado dos animais pode reduzir a emissão de CH_4 em função da redução no número de animais no sistema de produção, considerando ainda que, o acréscimo no desempenho dos animais resulta em menor permanência do animal no sistema, reduzindo assim a emissão total do gás devido ao encurtamento do ciclo de vida do animal.

Existem muitas técnicas para quantificar a emissão de CH_4 ruminal individualmente ou em grupo. A técnica de mensuração em câmaras fechadas (e.g. de calorimetria) é precisa (Westberget al., 1998), porém, requer animais treinados,

reduz o movimento dos animais, exige muito trabalho e dispêndios altos, o que limita o número de animais avaliados e, também, não representa as condições normais de pastagens. Por esse motivo foi desenvolvida uma técnica para a medição da emissão de CH_4 por ruminantes em condições de produção extensiva, utilizando um gás traçador inerte, o hexafluoreto de enxofre (SF_6), sem as limitações previamente descritas para outras técnicas, o que possibilita realizar as medições com animais em situação normal de pastejo (Primavesi et al., 2004).

As pressões ambientais têm crescido muito nos últimos anos e segundo MachMüller(2006)a melhor forma de reduzir a emissão de CH_4 é através da pecuária de corte, devido ao grande número de animais que mesmo sendo mantidos nos sistemas tradicionais (extensivos), porém com manejo adequado, têm ampla capacidade de redução e sequestro de carbono atmosférico, cenário ideal para frear as mudanças climáticas, devido ao potencial de redução e sequestro dessa atividade. Logo, mais estudos são fundamentais para determinar, mensurar e adequar o manejo produtivo dos sistemas de produção de bovinos de corte em pastejo com vistas à obtenção de produtividade, associada a sustentabilidade ambiental e social.

3. Hipóteses

As hipóteses deste trabalho foram que as doses crescentes de adubação nitrogenada alteraram:

- A eficiência do uso do nitrogênio no sistema de produção de bovinos em pastos;
- Os parâmetros ruminais dos animais mantidos em pastejo;

- A emissão de metano entérico pelos animais.

4. Referências

- ABIEC (2018) Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Perfil da Pecuária no Brasil - Relatório Anual 2018**. Disponível em: <<http://abiec.siteoficial.ws/images/upload/sumario-pt-010217.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2019.
- AHVENJÄRVI, S., VAGA, M., VANHATALO, A., HUHTANEN, P. Ruminal metabolism of grass silage soluble nitrogen fractions. **Journal of Dairy Science**, v.101, p.279–294, 2018.
- ALVES, P. **Taxa de desfrute**. Scot consultoria. 2011. Disponível em: <<http://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/23681/taxa-de-desfrute.htm>>. Acesso em: 22 set. 2018.
- ANDRADE, R.P. Pasture seed production technology in Brazil. **Proceedings...** In: Proceedings of the 19th International Grassland Congress (Eds.). São Pedro, Brazilian Society of Animal Husbandry. 2001.
- ANTUNES, A.P.S., JÚNIOR, V.R.R., MENEZES, G.C.C., RUAS, J.R.M., SOUZA, V.M., MARIZ, L.D.S., SILVA, J.J.P., SILVA, D.A. Nitrogênio não proteico em substituição ao farelo de soja na dieta de vacas F1 Holandês x Zebu. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.23, n.3-4, p.174-179, 2016.
- ARCURI, P. B; LOPES, F. C. F; CARNEIRO, J. C. Microbiologia do rúmen. In: **Nutrição de ruminantes**. 2^o Ed. Jaboticabal: SP, p.111- 140, 2006.
- BARBERO, R.P., MALHEIROS, E.B., ARAÚJO, T.L.R., NAVE, R.L.G., MULLINIKS, J.T., BERCHIELLI, T.T., RUGGIERI, A.C., REIS, R.A. Combining Marandu grass grazing height and supplementation level to optimize growth and productivity of yearling bulls. **Animal Feed Science and Technology**, v.209, p.110–118, 2015.
- BEZERRA, L.R., GONZAGA NETO, S., MEDEIROS, A.N., MARIZ, T.M.A., OLIVEIRA, R.L., CÂNDIDO, E.P., SILVA, A.M.A. Feed restriction followed by realimentation in prepubescent Zebu females. **Tropical Animal Health Production**, v.45, p.1161–1169, 2013.
- BONGARTZ, V., BÖTTGER, C., WILHELMY, N., SCHULZE-KAYSERS, N., SÜDEKUM, K.H., SHIEBER, A. Protection of protein from ruminal degradation by alkali- induced oxidation of chlorogenic acid in sunflower meal. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.102, e209-e215, 2018.

BUTTERBACH-BAHL, K., BAGGS, E.M., DANNENMANN, M., KIESE, R., ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S. Nitrous oxide emissions from soils: How well do we understand the processes and their controls? **Philosophical Transactions of The Royal Society**, 2013. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0122>

CAMINHA, F.O., SILVA, S.C., PAIVA, A.J., PEREIRA, L.E.T., MESQUITA, P., GUARDA, V.D. Estabilidade da população de perfilhos de capim-marandusob lotação contínua e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.2, p.213-220, 2010.

CHAGAS, P.H.M., GOUVEIA, G.C.C., COSTA, G.G.S., BARBOSA, W.F.S., ALVES, A.C. Volatilização de amônia em pastagem adubada com fontes nitrogenadas. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.4, p.76-80, 2017.

DELEVATTI, L. M., ROMANZINI, E. P., KOSCHECK, J. F. W., ARAUJO, T. L. R., RENESTO, D. M., FERRARI, A. C., BARBERO, R. P., MULLINIKS, J. T., REIS, R. A. Forage management intensification and supplementation strategy: Intake and metabolic parameters on beef cattle production. **Animal Feed Science and Technology**, v. 247, p.74-82, 2019.

DETMANN, E.; PAULINO, M. F. VALADARES FILHO, S. C. Otimização do uso de recursos forrageiros basais. In: **Proceedings of 3rd International Symposium on Beef Cattle Production**, Viçosa, Brazil. pp. 191-240. 2010.

DETMANN, E., VALENTE, E.E.L., BATISTA, E.D., HUHTANEN, P. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science**, v.162, p.141–153, 2014.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA. **Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2013**. Environmental Protection Agency, Office of Atmospheric Programs, Washington D.C. 2015. Disponível em: <<http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/usinventoryreport.html>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

FERRARI, A.C., ROMANZINI, E.P., LEITE, R.G., SINISCALCHI, D., FERREIRA DA COSTA, T.R., LAGE, J.F., REIS, R.A. Efficiency of supplementation strategies for Nellore cattle rearing in tropical grass pasture. **Proceedings...** In: Proceedings of International Tropical Agriculture Conference, Brisbane. 98p. 2017.

FERRAZ, J.B., FELÍCIO, P.E. Production systems-an example from Brazil. **Meat Science**, v.84, p.238-243, 2010.

FINLAY, B.J.; ESTEBAN, G.; CLARKE, K.J.; WILLIAMS, A.G.; EMBLEY, T.M.; HIRT, R.P. Some rumen ciliates have endosymbiotic methanogens. **FEMS Microbiology Letters**, v.117, p.157-161, 1994.

HEINRICHS, R. Novos enfoques na adubação e nutrição nitrogenada em pastagens. **Anais...** In: Anais do IV Simpósio de Adubação e Manejo de Pastagens; IV Simpósio de Produção Animal a Pasto. Dracena, SP. 2017.

HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v. 69, n. 6, p.2755-2766, 1986.

HOOVER, W.H., STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.8, p.3630-3644, 1991.

HUTCHINGS, N. J.; SOMMER, S. G.; JARVIS, S. C. A model of ammonia volatilization from a grazing livestock farm. **Atmospheric Environment**, v.30, p.589-599. 1996.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, IPCC. **IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories**. In: Eggleston, H., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (Eds.), The National Greenhouse Gas Inventories Programme, Intergovernmental Panel on Climate Change. IGES, Japan. 2006.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, IPCC. **Fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

ISHINO, Y., KOMORI, K., CANN, I.K.O.; KOGA, Y. A novel DNA polymerase family found in *Archaea*. **Journal of Bacteriology**, v.180, p.2232-2236, 1998.

KOZLOSKI, V. G. **Bioquímica dos ruminantes**. 3º Ed. UFSM, Santa Maria, RS. 2011.

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

LASSEY, K.R. Methane emission by grazing livestock: some findings on emission determinants. **Proceedings of 3th International Symposium of NON-CO₂ greenhouse gases**, Netherlands. p.95-100, 2002.

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, p.2905-291, 1997.

LENG, R.A. Factors affecting the utilization of "poor-quality" forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research Review**, v.3, p.277-303, 1990.

MAEDA, K., TOYODA, S., SHIMOJIMA, R., OSADA, T., HANAJIMA, D., MORIOKA, R. Source of nitrous oxide emissions during the cow manure composting process as revealed by isotopomer analysis of and amoA abundance in betaproteobacterial ammonia-oxidizing bacteria. **Applied and Environmental Microbiology**, v.76, p.1555-1562, 2010.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; BARIONI, L. G. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 21: 2004, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP, p. 155-215. 2004

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

McALLISTER, A.T., OKINE, E.K., MATHISON, G.W.; CHENG, K.J. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. **Canadian Journal of Animal Science**, v.76, p. 231-243, 1996.

MORRISON, M.; MACKIE, R. I. Nitrogen metabolism by ruminal microorganisms: current understanding and future perspectives. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 2, p. 227 - 246, 1996.

MOSS, A.R.; GIVENS, D.I. The effect of supplementing grass silage with soya bean meal on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation and methane production in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.97, p.127-143, 2002.

NAGAJARA, T. G., NEWBOLD, C. J., VAN NEVEL, C. J., DEMEYER, D. I. **Manipulation of ruminal fermentation**. In: HOBSON, P. N., STEWART, C. S. (Ed.) The Rumen Microbial Ecosystem. Blackie Academic & professional, London. p.523-632. 1997.

NASCIMENTO, C.A.C., VITTI, G.C., FARIA, L.A., LUZ, P.H.C., MENDES, F.L. Ammonia volatilization from coated urea forms. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.1057-1063, 2013.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7^o Ed. Washington, D.C. National Academy Press, 1996.

O'HARA, P., FRENEY, J., ULYATT, M. Abatement of agricultural non-carbon dioxide greenhouse gas emissions: a study of research requirements. Report prepared for the Ministry of Agriculture and Forestry on Behalf of the Convenor, Ministerial Group on Climate Change, the Minister of Agriculture and the Primary Industries Council. New Zealand: Crown Copyright - **Ministry of Agriculture and Forestry**, 2003. 170p. Disponível em: <www.maf.govt.nz/publications>. Online. Acesso em: 01 dez. 2018.

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

PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; VALENTE, E. E. L. Nutrição de bovinos em pastejo. **Proceedings...** In: Proceedings of 4th Symposium on Strategic Management of Pasture, Viçosa, Brazil, p. 131-169. 2008.

PENGPENG, W., TAN, Z. Ammonia Assimilation in Rumen Bacteria: A Review. **Animal Biotechnology**, v.24, n.2, p.107-128, 2013.

POMPEU, R.C.F.F., CÂNDIDO, M.J.D., LOPES, M.N., GOMES, F.H.T., LACERDA, C.F., AQUINO, B.F., MAGALHÃES, J.A. Características morfofisiológicas do capim-aruanasob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.4, p.1187-1210, 2010.

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

REIS, R.A.; MELO, G.M.P.; BERTIPAGLIA, L.M.A. et al. Otimização da utilização da forragem disponível através da suplementação estratégica. In: VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 2., 2005, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, p.25-60.2005.

RODRIGUES, R.C., LIMA, D.O.S., CABRAL, L.S., PLESE, L.P.M., SCARAMUZZA, W.L.M.P., UTSONOMYA, T.C.A., SIQUEIRA, J.C., JESUS, A.P.R. Produção e morfofisiologia do capim *Brachiaria brizanthacv.* xaraés sob doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.2, n.1, p.124-131, 2012.

ROMANZINI, E.P., BERNARDES, P.A., MUNARI, D.P., REIS, R.A., MALHEIROS, E.B. A review of three important points that can improve the beef cattle productivity in Brazil. **Animal Husbandry, Dairy and Veterinary Science**, v.2, n.3, p.1-4, 2018.

ROMANZINI, E.P., MALHEIROS, E.B., DELEVATTI, L.M., LEITE, R.G., FERRARI, A.C., HOFFMANN, A., REIS, R.A. Tropical pastures management with different nitrogen fertilizer levels: nitrogen recovery and efficiency of nitrogen utilization. **Proceedings...** In: Proceedings of International Tropical Agriculture Conference, Brisbane. 98p. 2017.

SATTER, L. D.; KLOPFENSTEIN, T. J.; ERICKSON, G. E. The role of nutrition in reducing nutrient output from ruminants. **Journal of Animal Science**, (E. Suppl. 2): E143-E156, 2002.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; DE HAAN, C. **Livestock's long shadow**(p. 392). Rome: FAO. 2006.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, USDA. **Office of the Chief Economist, Climate Change Program Office. Technical Bulletin N° 1943**. 137 pp. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.15482/USDA.ADC/1264344>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

USHIDA, K.; JOUANY, J.P. Methane production associated with rumen-ciliated protozoa and its effect on protozoan activity. **Letters Applied Microbiology**, v.23, p.129-132, 1996.

VALADARES FILHO, S. C., PINA, D. S. **Fermentação Ruminal**. In: BERCHIELLI, T. T., VAZ PIRES, A., OLIVEIRA, S. G. (Ed.) *Nutrição de Ruminantes*. Funep, Jaboticabal, p.161-192. 2011.

VALADARES FILHO, S. C., COSTA e SILVA, L. F., GIONBELLI, M. P., ROTTA, P. P., MARCONDES, M. I., CHIZZOTTI, M. L., PRADOS, L. F. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados**. 3ª Ed. BR – CORTE. 345p. 2016.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, 476p. 1994.

VIEIRA, S. S; ZOTTI, C. A; PAULINO, V. T. Práticas de manejo para minimizar a emissão de gases de efeito estufa associadas ou não ao uso de fertilizantes. **Instituto de Zootecnia -APTA/SAA**, 2010. Disponível em: <<http://www.iz.sp.gov.br/artigo.php?id=124>>. Acesso em 01 dez. 2018.

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

CAPÍTULO 2 -BALANÇO DE NITROGÊNIO E PARÂMETROS RUMINAIS DE BOVINOS MANEJADOS EM PASTOS DE CAPIM MARANDU ADUBADOS COM DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO

RESUMO - O objetivo do trabalho foi avaliar parâmetros ruminais em bovinos manejados em pastos de capim Marandu adubados com diferentes doses de nitrogênio (0, 90, 180 e 270 kg N/ha/ano) e calcular o balanço de nitrogênio desse sistema identificando qual dose de adubo proporciona melhor aproveitamento pelo sistema planta-animal. Para tal, foram utilizados 8 animais canulados no rúmen com peso corporal(PC) 387 ± 27 kg, distribuídos em 8 piquetes de *Brachiariabrizantha* cv. Marandu, pastejados a 25 cm por bovinos de corte em fase de recria, em lotação contínua, com taxa de lotação variável. Os animais recebiam apenas mistura mineral como suplemento. Foram mensurados o consumo e digestibilidade da forragem, dinâmica da degradação da fibra em detergente neutro (FDN) e parâmetros ruminais dos animais em cada tratamento. O delineamento estatístico adotado foi um delineamento em quadrado latino 4 x 3 desbalanceado. Quando significativo, o efeito do tratamento foi decomposto em contrastes polinomiais ortogonais. Significância foi declarada a $p < 0.05$. Para as variáveis pH e concentrações ruminais de NH_3 foram analisadas em um delineamento em quadrado latino 4 x 3 desbalanceados com medidas repetidas no tempo. As médias dos consumos de matéria seca (CMS) foram: 12,86; 12,25; 11,02 e 10,77 kg/dia, respectivamente para os tratamentos de 0, 90, 180 e 270 kgN/ha/ano e não diferiram entre si. Houve diferença significativa ($p = 0,0032$) para pH ruminal nos diferentes tratamentos (0, 90, 180 e 270 kgN/ha/ano), além de diferença significativa ($p < 0,0001$) entre os horários coletados (08, 10, 12, 14, 16, e 18 horas). Houve diferença significativa ($p = 0.0008$) para N amoniacal entre os tratamentos (0, 90, 180 e 270 kgN/ha/ano), sendo o efeito das doses sobre o N amoniacal quadrático. Foi observada diferença significativa para digestibilidade do N ($p = 0,0025$), com tendência linear. Não foram observadas diferenças significativas nas variáveis fração potencialmente degradável B1, fração não degradável C1, e na degradabilidade efetiva DE ($p \geq 0,7053$). Conclui-se que a maior dose de adubação, 270 kg N/ha/ano, aumentou a eficiência de uso do nitrogênio, reduzindo o teor de nitrogênio amoniacal em simultaneidade ao aumento de ambos, quantidade consumida e quantidade absorvida do nutriente pelos animais.

Palavras-chave: balanço de nitrogênio, bovino de corte, degradabilidade, gases de efeito estufa, pastagem.

Introdução

A eficiência de pastejo do animal é altamente correlacionada com o consumo de forragem, uma vez que esta é a principal fonte de nutrientes para o animal. O conhecimento sobre a forragem consumida pelo animal é de fundamental importância, principalmente em países tropicais, em que a base da alimentação pecuária é as pastagens. Nesse âmbito, espera-se que a quantidade de forragem consumida aliada à sua qualidade, atenda totalmente ou em grande parte as exigências de manutenção, crescimento e produção do animal (Paris et al., 2009). A adubação nitrogenada é uma prática importante e fundamental para o sucesso do manejo de pastagens com gramíneas tropicais. Por outro lado, a entrada de quantidades elevadas de fontes nitrogenadas, principalmente como adubos químicos, pode representar também fonte de degradação ambiental (Primavesi et al., 2001), aumentando a liberação de gases do efeito estufa (GEE) pelo solo e excretas dos animais, sendo necessário estudos que indiquem a dose ótima de aplicação do adubo para não haver excessos e prejuízos, tanto ambientais como financeiros. Considerando que a principal espécie cultivada em pastagens de ecossistemas tropicais brasileiros é *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Barbosa, 2006), o uso de fertilização nitrogenada é necessário para aumentar a qualidade nutricional da forragem e manter o desempenho animal elevado durante as estações chuvosa e seca (Romanzini et al., 2018).

Em virtude de a proteína ser um dos ingredientes mais onerosos da dieta e um dos limitantes para o bom desempenho animal, a economia da produção animal é altamente dependente da eficiência da sua utilização. Por esse motivo, nos últimos anos, tem havido considerável interesse na redução das perdas de compostos nitrogenados (N) pelos ruminantes (Russell, 1992).

O pH e a taxa de passagem são fatores químicos e fisiológicos que influem no crescimento microbiano, sendo ambos influenciados pela dieta e por outros fatores correlacionados, como o nível de consumo, o manejo alimentar, a quantidade e a qualidade da forragem. A diminuição do pH reduz a degradabilidade da proteína, e uma redução do pH de 6,5 para 5,5 diminui a eficiência de síntese microbiana (Hoover e Stokes, 1991). Caso ocorra redução moderada no pH ruminal, até aproximadamente 6,0, a digestão da fibra decresce um pouco, mas o número de microrganismos fibrolíticos não é normalmente influenciado. Quando o pH atinge a faixa de 5,5 a 5,0, há diminuição no número de microrganismos fibrolíticos, bem como em suas taxas de crescimento, causando inibição na digestão da fibra (Hoover, 1986). Aumentos no consumo proporcionam maior escape de N microbiano e de N dietético para o duodeno, possivelmente, em virtude do aumento nas taxas de passagem (Van Soest, 1994).

Nesse sentido, estudos devem ser realizados com o objetivo de identificar a dose ótima de adubo onde ocorrem as menores perdas de nitrogênio dentro do sistema planta-animal-ambiente. A hipótese do presente estudo é se o uso de maiores doses de nitrogênio na adubação de pastagens pode alterar os parâmetros ruminais, reduzindo o pH e aumentando os teores de N-amoniaco, por fornecer mais proteína degradável no rúmen (PDR). Tais alterações poderiam diminuir o consumo aumentando a eficiência de ganho, melhorar a digestibilidade total aparente e tornar o balanço de nitrogênio mais eficiente.

Material e métodos

O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética e Bem-Estar Animal (CEBEA), processo #12703/2015 e conduzido no setor de Forragicultura e Pastagens da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Unesp, Câmpus de Jaboticabal, SP

Local e área experimental

O experimento foi realizado na cidade de Jaboticabal, onde o clima é classificado como tropical de altitude do tipo Aw de acordo com a classificação Köppen, com verão quente e chuvoso e inverno seco e temperaturas amenas. Os dados meteorológicos (Tabela 1) registrados durante o período experimental são provenientes do acervo do Departamento de Ciências Exatas da Estação Agroclimatológica do Câmpus de Jaboticabal.

Tabela 1. Dados climáticos observados em Jaboticabal-SP nos períodos de Dezembro de 2014 a Março de 2015 e de Dezembro de 2015 a Março de 2016

Período	Temperatura (°C)			Chuva (mm)	Dias de Chuva
	Máxima	Mínima	Média		
Dez/14	31,0	20,1	24,6	150,3	15
Jan/15	33,9	21,1	26,5	101,5	9
Fev/15	30,9	20,0	24,3	283,7	19
Mar/15	29,1	19,8	23,3	183,3	21
Dez/15	31,0	20,9	24,8	372,3	21
Jan/16	29,9	20,6	24,4	449,4	18
Fev/16	31,9	21,1	25,2	201,0	14
Mar/16	31,4	20,2	24,6	132,9	17

Departamento de Ciências Exatas da Estação Agroclimatológica do Câmpus de Jaboticabal

A área experimental é constituída por pastagem de *Brachiariabrizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu[syn. *Urochloabrizantha* (Hochst. ex A. Rich.)

R. D. Webster cv. Marandu]. Foram utilizados 8 piquetes com áreas de 0,5; 0,7; 1,0 e 1,3 ha cada, somados a mais 1,5 ha de piquetes reservas. O experimento foi repetido em duas estações de crescimento, com início em dezembro de 2014 e término em março de 2015 no primeiro ano e início em dezembro de 2015 e término em março de 2016 no segundo ano.

De acordo com a análise de solo (Tabela 2) feita antes do início do experimento, foi realizada a adubação de manutenção com 50 kg/ha de P_2O_5 e 70 kg/ha de K_2O na segunda semana de novembro.

Tabela 2. Análise de solo da área experimental

Tratamento (kg/ha/ano)	P resina mg/dm ³	MO g/dm ³	pH CaCl ₂	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	CTC	V
						mmol/dm ³				%
0	15	31	5,1	1,3	21	11	25	33	58	57
90	12	32	4,7	0,7	20	7	34	28	62	45
180	8	28	4,8	1	13	6	28	20	48	42
270	15	31	5,2	0,8	18	10	22	29	51	57

P resina = fósforo extraído do solo por resina trocadora de íons (mg/dm³ = µg/cm³), MO = matéria orgânica (g/dm³ = %, com base em volume de solo x10), pH em CaCl₂ = pH determinado em solução centimolar de cloreto de cálcio, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ = respectivamente potássio, cálcio e magnésio trocáveis, (mmolc/dm³ = cmolc/dm³ x 10), H+Al = acidez potencial ou total (mmolc/dm³ = cmolc/dm³ x 10), SB = soma de bases (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺), CTC = capacidade de troca de cátions, ou SB + (H+Al), V = índice de saturação por bases ou V = 100SB/CTC

Foi utilizado o método de lotação contínua com taxa de lotação variável - *put and take*-e altura fixa de pastejo em 25 cm, uma vez que foi a altura que propiciou nos estudos dos últimos sete anos na área o melhor equilíbrio entre ganho por animal e por área apresentando alto consumo de matéria seca por animal, ganho médio diário

em torno de 1,0 kg/animal/d, taxa de lotação e produção animal por área satisfatórios (Barbero et al., 2015).

Tratamentos e animais

Os tratamentos foram constituídos por quatro doses de nitrogênio aplicadas nos pastos na forma de ureia (0, 90, 180 e 270 kg N/ha/ano) em três piquetes por tratamento. As adubações foram parceladas em três aplicações ao longo do período sendo que a primeira ocorreu em dezembro de cada ano, logo após o pastejo de uniformização. As demais aplicações ocorreram a cada 35 dias.

Em cada estação de crescimento, foram utilizados oito bovinos castrados com PC (peso corporal) inicial médio de 387 ± 27 kg dotados de cânula ruminal, para as avaliações de parâmetros ruminais (pH, N-amoniaco, degradabilidade) e urina. Os animais foram distribuídos aleatoriamente nos tratamentos, em um duplo quadrado latino incompleto 4 x 3, sendo 4 tratamentos e 3 períodos. Cada ano experimental, desenvolvido durante a estação de crescimento, foi composto por 3 períodos de 35 dias cada.

Em cada período, cada animal permaneceu por 35 dias no tratamento designado, sendo os 14 primeiros dias para adaptação ao tratamento imposto à pastagem. No primeiro dia de cada avaliação após o período de adaptação foi realizada a simulação manual do pastejo (Sollenberger e Cherney, 1995) para obtenção da amostra representativa do material consumido pelo animal. Entre o 15º e o 24º dia de cada período foram realizadas avaliações do consumo de matéria seca (CMS), de acordo com Detmann et al. (2001). A avaliação do pH e concentração de N amoniacal ruminal, foram realizadas em dois dias consecutivos no 25º e 26º dia

experimental. No 27º dia, ocorreu o início do procedimento de incubação para determinação da dinâmica de degradação ruminal da FDN. No 30º dia de avaliação foi realizada a coleta de urina na forma de amostra spot, em micção espontânea dos animais canulados. Os animais permaneceram mais 5 dias no piquete até a realização da próxima parcela da adubação.

Os animais receberam suplemento exclusivamente constituído de mistura mineral à vontade em todos os tratamentos. No período pré-experimental os animais foram tratados contra endo e ectoparasitas utilizando produto a base de Ivermectina.

Amostras de forragem

A altura do pasto foi mensurada semanalmente, na curvatura das folhas superiores com régua graduada em centímetros, em 80 pontos por hectare. Para estimativa da massa de forragem, oito amostras foram colhidas por corte rente ao solo nos pontos médios em cada piquete ($\pm 5,0$ cm do solo), usando moldura circular de $0,25 \text{ m}^2$, em intervalos de 28 dias (Janeiro a Março, 2015 e 2016). As amostras foram separadas quanto às frações morfológicas: material morto, colmos + bainhas e folhas verdes, secos em estufa de circulação forçada de ar ($55 \pm 5^\circ\text{C}$ por 72 h) para estimativa da massa seca por hectare (Tabela 3). A taxa de acúmulo foi medida com auxílio de gaiolas de exclusão, as quais foram alocadas em diferentes pontos dos piquetes, onde a altura média era atingida. Após cada período as gaiolas eram removidas e a forragem acumulada era medida. A taxa de lotação foi calculada com base no número de animais em cada piquete (animais testes e reguladores) e o peso dos respectivos animais, em que a unidade animal (UA) correspondeu a 450 kg de PC.

Para estimar a composição química da forragem (Tabela 3), amostras foram colhidas usando a técnica da simulação manual de pastejo (Sollenberg e Cherney, 1995), coletadas pelo método *hand-plucking* que consiste em colher a forragem após prévia observação do hábito de pastejo dos animais, em aproximadamente 20 pontos por hectare, compondo amostras de aproximadamente 200 g, nas mesmas ocasiões de colheita de amostras para estimativa da massa de forragem por hectare, descritas anteriormente. As amostras foram secas em estufa de circulação de ar forçado ($55 \pm 5^\circ \text{C}$, por 72 h), trituradas em moinho (Thomas-Wiley Laboratory Mill Model 4, H. Thomas Co.), identificadas, e encaminhadas para futuras análises laboratoriais.

Tabela 3. Massa de forragem, composição morfológica, taxa de lotação e composição químico-bromatológica dos pastos de capim Marandu adubado com diferentes doses de N durante a estação chuvosa (dezembro a março). Média dos períodos de avaliação

Variável ¹	Tratamento (kg N/ha/ano)				Média	EPM
	0	90	180	270		
Massa de forragem (t/MS/ha)	5,90	6,42	5,93	5,58	5,96	0,16
Tx de Acúmulo (kg MS/ha/dia) ²	41,98	76,07	104,5	119,7	85,58	3,70
Folhas (% da MS)	41,36	45,82	35,14	38,49	40,20	1,39
Colmo + bainha (% da MS)	41,14	39,40	49,89	45,81	44,06	1,51
Material morto (% da MS)	17,49	14,76	14,96	15,69	15,72	1,22
Taxa de lotação (UA /ha)	3,14	3,91	5,57	6,17	4,70	0,30
<i>Composição química (% MS)</i>						
Proteína bruta	14,15	17,09	18,54	19,84	17,41	0,54
Fibra em detergente neutro	62,36	59,61	57,32	56,58	58,96	0,58
Fibra em detergente ácido	31,14	30,00	29,14	28,99	29,82	0,40
Lignina	3,86	3,72	3,61	3,59	3,70	0,10
Matéria Mineral	8,62	8,69	8,94	9,14	8,85	0,09
Matéria Orgânica	91,38	91,31	91,06	90,86	91,15	0,11

¹Delevatti (dados não publicados). ²Taxa de Acúmulo de Forragem. MS – Matéria seca. EPM – erro padrão da média

Consumo de matéria seca

Para estimativa de CMS, os animais receberam marcadores externos de óxido crômico (Cr_2O_3) via cânula ruminal para estimar a excreção fecal (Burns et al., 1994)

a 10 g/animal/d, por nove dias; os sete primeiros dias foram utilizados para adaptação (1d a 7d) e três (8d a 10d) para coleta de fezes nos tempos previamente definidos (17h00, 11h00 e 06h00). As amostras de fezes foram coletadas imediatamente após a defecação ou diretamente no reto dos animais, em quantidades aproximadas de 200 g, identificadas por animal e levadas a estufas de ventilação forçada a 55°C, moídas em moinhos com peneiras de crivo de 1 mm e acondicionadas em potes plásticos para posteriores análises. O Cr_2O_3 foi condicionado em cartuchos de papel e introduzido diretamente no rúmen dos animais às 11h00. Amostras de fezes correspondentes aos diferentes tempos de coleta compuseram uma amostra para cada animal. O CMS (kg/d) de forragem pelos animais foi calculado utilizando a FDNi como indicador interno, a partir da equação proposta por Detmann et al (2001):

$$\text{CMS} = \frac{(\text{EF} \times \text{CIF})}{\text{CIFo}}$$

Onde: CMS = consumo de matéria seca (kg/d); EF = excreção fecal (kg/d); CIF = concentração do indicador nas fezes e CIFo = concentração do indicador na forragem.

Para estimar as digestibilidades da MS e N, as amostras de fezes foram submetidas à análise para quantificação dos teores de MS e N. Após a estimativa do consumo individual MS e N, foi estimada a digestibilidade aparente total *in vivo* desses nutrientes, através do cálculo:

$$\text{DIGnut} = \frac{(\text{CONSnut} - \text{EFnut})}{\text{CONSnut}}$$

Onde, DIGnut = digestibilidade aparente do nutriente (%); CONSnut = consumo do nutriente (kg/d); EFnut = excreção fecal do nutriente (kg/d).

Parâmetros ruminais

Para avaliação do pH e concentração de N amoniacal ruminal, a amostragem do líquido ruminal foi feita às 06:00, 10:00, 14:00 e às 08:00, 12:00, 16:00 horas em dois dias consecutivos no 25° e 26° dia experimental. Aproximadamente 50 mL de líquido ruminal foram recolhidos após filtragem em tecido duplo de algodão e destinados à imediata determinação do pH através de potenciômetro digital portátil, calibrados com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. Tal mensuração do valor de pH foi feita com auxílio de peagâmetro digital (MA522 model, Marconi, equipamentos de laboratório, Piracicaba, SP, Brasil).

Aproximadamente 20 mL de fluído ruminal foram acidificados com 0,1 mL de ácido sulfúrico e armazenados a -15°C para posterior determinação das concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH_3), o qual seguiu o método colorimétrico proposto por Kulasek (1972) e adaptado por Foldager (1977). O conteúdo sólido da amostra de conteúdo ruminal retirada foi devolvido ao rúmen imediatamente após as coletas.

No 27° dia, ocorreu o início do procedimento de incubação para determinação da dinâmica de degradação ruminal da FDN. As amostras de forragem obtidas via simulação manual do pastejo no 1° dia de avaliação foram incubadas em triplicatas em cada tempo de incubação no rúmen dos animais, segundo os seguintes tempos de incubação: 0, 6, 12, 24, 48, 72, 96 horas. Os sacos foram alocados no rúmen em ordem reversa no tocante aos tempos de incubação, de forma a serem retirados simultaneamente, sendo então lavados em água corrente e secos em estufa sob ventilação forçada a 55°C.

A taxa de degradação da FDN, utilizada para determinação do kd medido por horas, foi calculada utilizando-se a equação descrita por OrskoveMcDonald (1979):

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

Onde: p = taxa de degradação no tempo t; a = fração solúvel em água; b = fração insolúvel em água, potencialmente degradável; c = taxa de degradação da fração b; t = tempo de incubação sendo $a + b \leq 100$. Os parâmetros não-lineares, a, b e c, foram estimados por meio de procedimentos iterativos de quadrados mínimos.

A degradabilidade efetiva (DE), no rúmen, foi calculada usando a seguinte equação:

$$DE = a + (b \times \frac{c}{c + k})$$

Onde: DE = degradabilidade efetiva; k = taxa estimada de passagem das partículas no rúmen; a = fração solúvel em água; b = fração insolúvel em água, potencialmente degradável; c = taxa de degradação da fração b.

Balanço de Nitrogênio

No 30º dia de avaliação foi realizada a coleta de urina na forma de amostra spot, em micção espontânea dos animais canulados. Nas amostras de urina, após preparadas por meio de filtragem em camada tripla de gaze, uma alíquota de 10 ml foi separada ediluída com 40 ml de ácido sulfúrico (0,036N). Estas foram utilizadas para quantificar as concentrações urinárias de creatinina, ureia e derivados de purina, alantoína e ácido úrico(Valadares et al., 1999). Deve-se destacar que foi separada uma amostra de cerca de 40 ml de urina pura para análise de N total. As concentrações de ureia e creatinina foram estimadas na urina utilizando-se *kits* comerciais (Labtest). As análises de alantoína e de ácido úrico foram feitas pelo

método colorimétrico, conforme Chen e Gomes (1992).A excreção total de derivados de purina foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretadas na urina, expressas em mmol/dia. As purinas absorvidas em (Y, mmol/d) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purina (X, mmol/d), por intermédio da equação:

$$Y = X - 0,385 \left(\frac{PV^{0,75}}{0,85} \right)$$

Onde: Y = purinas absorvidas (mmol/d); X = excreção de derivados de purina (mmol/d); 0,85 = recuperação de purinas absorvidas como derivados de purina e 0,385 PV^{0,75}= contribuição endógena para a excreção de purinas (Chen e Gomes, 1992).

A síntese ruminal de compostos nitrogenados (Y, g N/dia) foi calculada em função das purinas absorvidas (X, mmol/dia), pela equação de Chen e Gomes (1992):

$$Y = \frac{70 X}{0,83 \times 0,116 \times 1000}$$

Onde: Y = síntese de compostos nitrogenados (g N/d); X = purinas absorvidas (mmol/d); 70 = conteúdo de N de purinas (mg N/mol); 0,116 = relação N purina:N total nas bactérias e 0,83 = digestibilidade das purinas microbianas.

O volume urinário estimado a partir das amostras *spot* foi calculado pela excreção média de creatinina, encontrada no experimento, em miligrama por quilo de peso vivo (mg/kg PV), dividida pela concentração na amostra *spot* de urina. A partir das determinações acima mencionadas foi possível calcular o balanço de nitrogênio (BN), para o qual se utilizaram ainda as seguintes fórmulas:

$$BN = N_{ingerido} - (N_{fezes} + N_{urina})$$

$$N_{absorvido} = N_{ingerido} - N_{fezes}$$

$$N_{ingerido} = N_{ofertado} - N_{sobras}$$

sendo expressos em g/d eg/kg^{0,75}/d.

Análises Químicas

As análises de matéria seca (MS; método #934,01), matéria mineral (MM; método #942,05), foram realizadas segundo a AOAC (1990). A avaliação do teor de proteína bruta (PB) foi realizada a partir do método de combustão de Dumas, utilizando-se o equipamento Leco®, modelo FP-528 (Leco Corporation, Michigan, USA).

As frações, fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e lignina, obtida após a solubilização da celulose com H₂SO₄ 72%, da forragem foram realizados de acordo com procedimentos descritos por Mertens (2002), sendo que as análises de FDN e FDA foram realizadas em analisador de fibra Ankon 2000 (Ankon Technologies, Macedon, NY). A FDN indigestível (FDNi) foi obtida por procedimento de incubação *in situ* por 288 horas e depois extraídos com detergente neutro (Valente et al., 2011). A estimativa da produção fecal dos animais para avaliação do consumo de matéria seca utilizou-se como indicador o óxido crômico que foi analisado de acordo com a metodologia de Burns et al. (1994).

Análises estatísticas

O experimento foi analisado em um delineamento em quadrado latino 4 x 3 desbalanceados, no qual havia 4 tratamentos e 3 períodos, as análises foram realizadas utilizando o procedimento MIXED do SAS versão 9.4. Quando significativo, o efeito do

tratamento foi decomposto em contrastes polinomiais ortogonais. Significância foi declarada a $p \leq 0,05$.

As variáveis pH e as concentrações ruminiais de NH_3 foram analisadas em um delineamento em duplo quadrado latino 4 x 3 desbalanceados com medidas repetidas no tempo, utilizando-se o procedimento MIXED do SAS versão 9.4. O modelo inclui efeitos fixos de tratamentos (3 GL), tempo (5 GL) e suas interações (15 GL) e os efeitos aleatórios de período (2 GL), ano (1 GL), animal aninhado a ano (14 GL) e interação período x ano (2 GL). Várias estruturas de covariância dos erros foram ajustadas, a estrutura componente de variância (VC) foi selecionada para pH, e a componente simétrico heterogêneo (CSH) para concentrações ruminiais de N- NH_3 , por apresentarem o menor valor considerando o critério Akaike corrigido (AICc). Quando significativo, o efeito do tratamento e do tempo foram decompostos em contrastes polinomiais ortogonais. Significância foi declarada a $p \leq 0,05$.

Resultados

Foi observado efeito linear decrescente no CMS ($p = 0,046$) em relação ao aumento das dosagens de N aplicadas em cada tratamento ($p < 0,05$). As médias dos CMS foram: 12,86, 12,25, 11,02 e 10,77 kg/d, respectivamente para os tratamentos de 0, 90, 180 e 270 kgN/ha/ano. Quanto maior a dose de nitrogênio aplicada via adubação, maior foi a quantidade de PB na planta, possivelmente acarretando no CMS.

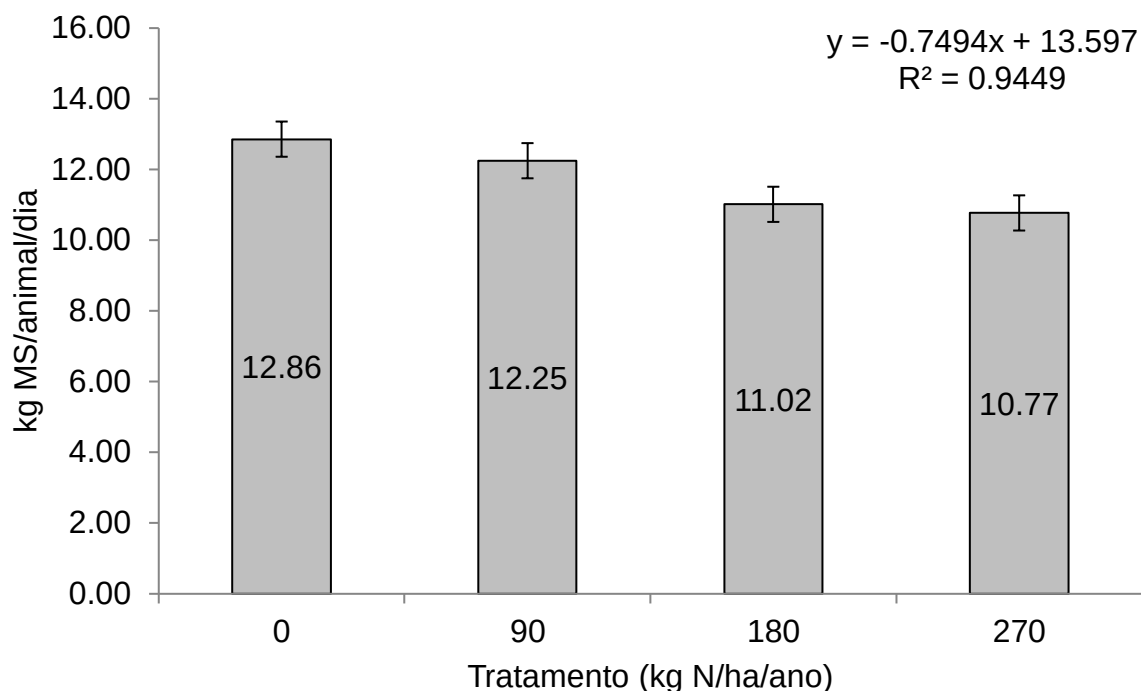


Figura 1. Consumo de matéria seca total expresso em kg por dia (CMST, kg/dia) de bovinos de corte em pastos de capim Marandu com diferentes doses de nitrogênio (0, 90, 180 e 270 kgN/ha/ano)

Houve diferença significativa ($p=0,0032$) para pH ruminal nos diferentes tratamentos (0, 90, 180 e 270 kgN/ha/ano), sendo que o tratamento de maior dose de N (270 kgN/ha/ano) foi o que ocasionou maiores valores de pH ruminal (Figura 2). Também foi encontrado diferença significativa ($p<0,0001$) entre os horários coletados (08, 10, 12, 14, 16, e 18 horas do dia) ficando evidente dois picos de elevação de pH, um as 12 horas e outro as 16 horas nos tratamentos 0, 90 e 180 kgN/ha. Não foi identificado interação ($p =0,95$) entre tratamento e horário entre os valores de pH ruminal dos animais em estudo. Os valores de pH mais baixos foram observados nos animais que foram mantidos no tratamento 90 kg N/ha/ano.

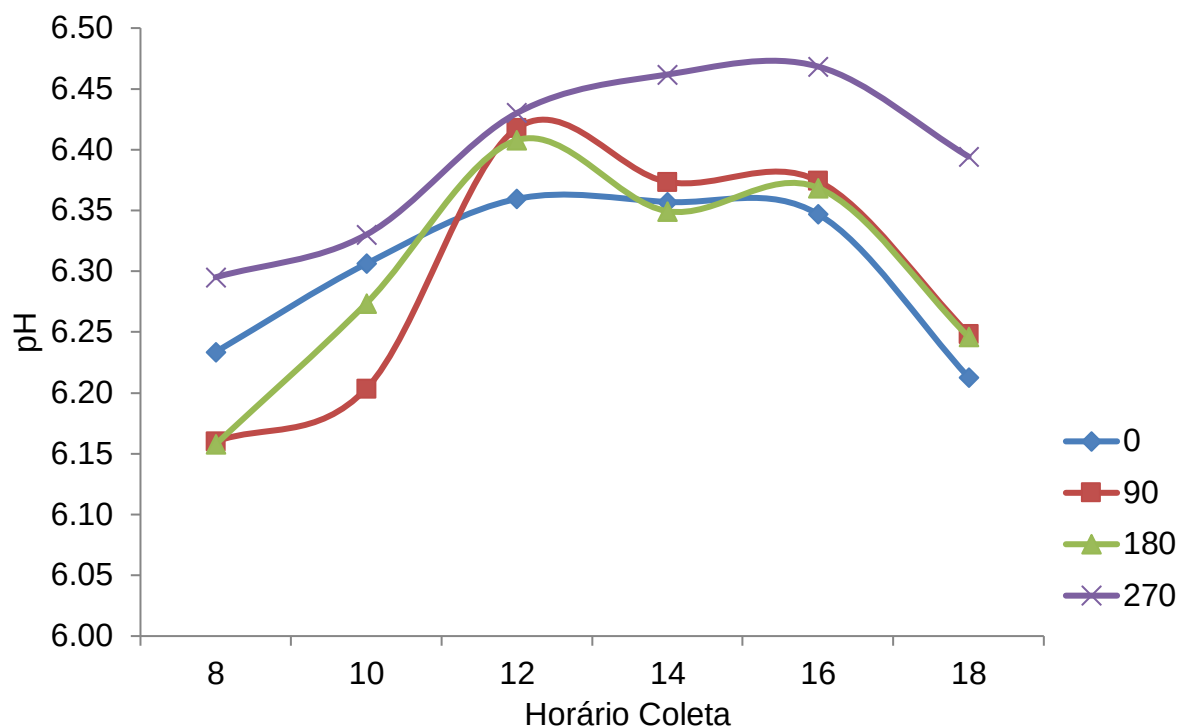


Figura 2: Valores de pH ruminal de bovinos recriados em pastos de capim Maranduadubados com diferentes doses de nitrogênio (0, 90, 180 e 270 kg N/ha/ano)

Houve diferença significativa ($p=0.0007$) para N amoniacal entre os tratamentos (0, 90, 180 e 270 kg N/ha/ano), sendo o efeito das doses sobre o N amoniacal quadrático ($p=0,0194$). Não houve diferença significativa entre os horários ($p=0.8460$) e nem interação significativa para tratamento e horário ($p=0.3552$) (Figura 3).

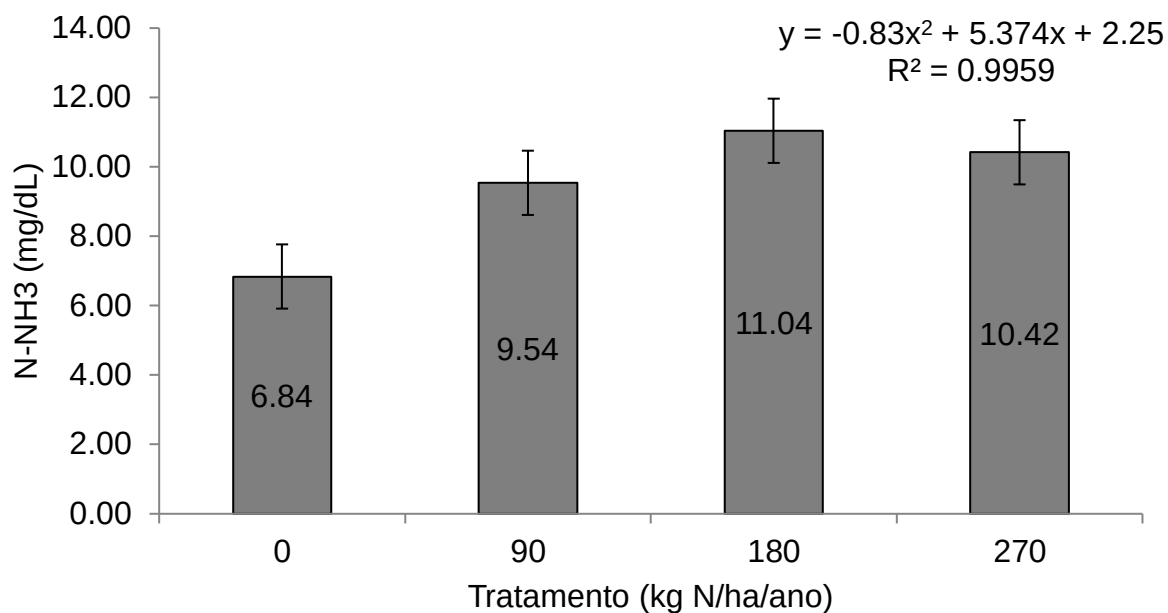


Figura 3: Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) em bovinos de corte mantidos em pastos de capim Marandu com diferentes doses de nitrogênio (0, 90, 180 e 270 kgN/ha/ano)

As médias dos compostos nitrogenados (N) ingeridos, excretados (fezes e urina) e absorvidos em relação as doses de nitrogênio aplicadas nos tratamentos são demonstradas na Tabela 4. Não houve diferença entre os tratamentos estudados para a digestibilidade da MS ($p > 0.05$), no entanto diferença significativa para digestibilidade do N ($p=0,0025$), com tendência linear, foi encontrada. Quanto as variáveis relacionadas ao balanço de N, quando existiram diferenças (N ingerido e N absorvido), os efeitos foram lineares entre os tratamentos. Sendo que se observou o aumento dos valores dessas variáveis com o aumento das doses de nitrogênio utilizadas na adubação das pastagens.

Todas as demais variáveis calculadas referentes ao balanço de N (N urina, N fezes e relação N absorvido/N ingerido) não diferiram entre os tratamentos ($p > 0.05$), para ambas unidades mensuradas, g/kg PC^{0,75} e g/d.

Tabela 4. Digestibilidade aparente, no trato total, da matéria seca (MS) e nitrogênio (N); e balanço de N em bovinos de corte mantidos em pastos de capim Marandu adubados diferentes doses de nitrogênio (0, 90, 180 e 270 kgN/ha/ano)

Variável	Tratamento (kg N/ha/ano)				Contraste		EPM ³
	0	90	180	270	L ¹	Q ²	
Digestibilidade da MS	0,76	0,76	0,76	0,75	NS	NS	0,01
Digestibilidade do N	0,75	0,78	0,81	0,82	***	NS	0,02
<i>Balanço de Nitrogênio</i>							
<i>g/kg PC^{0,75}</i>							
N ingerido	2,77	2,56	3,01	3,27	**	NS	0,49
N urina	1,12	1,10	0,87	0,72	NS	NS	0,31
N fezes	0,68	0,53	0,66	0,57	NS	NS	0,34
N absorvido	0,93	0,87	1,59	1,98	**	NS	0,27
<i>g/d</i>							
N ingerido	239,60	232,50	261,90	292,50	**	NS	15,11
N urina	97,70	90,96	70,89	57,62	NS	NS	26,35
N fezes	59,30	48,20	54,10	50,60	NS	NS	2,74
N absorvido	78,70	88,97	140,20	180,90	**	NS	16,69
N absorvido/N ingerido	0,32	0,25	0,47	0,52	NS	NS	0,21

¹Linear. ²Quadrático. ³Erro padrão da média, *p<0,10; **p<0,05; ***p<0,0001. NS = Não significativo. PC^{0,75}= Peso metabólico.

Não foram observadas diferenças significativas nas variáveis fração potencialmente degradável (B1), fração não degradável (C1), degradabilidade potencial (DP) e na degradabilidade efetiva (DE), entretanto, a taxa de degradabilidade da FDN (Kd) aumentou linearmente com o aumento das doses de adubação nitrogenada avaliadas (Tabela 5).

As médias obtidas para as variáveis que não diferiram entre os tratamentos (fração potencialmente degradável (B1), fração não degradável (C1), degradabilidade potencial (DP) e na degradabilidade efetiva (DE)) foram respectivamente, 74,10%; 25,15%; 71,98% e 50,65%/h.

Tabela 5. Parâmetros de degradação da FDN do capim Marandu adubados com diferentes doses de nitrogênio (0, 90, 180 e 270 kgN/ha/ano)

Variável	Tratamento (kg N/ha/ano)				Contraste		EPM ³
	0	90	180	270	L ¹	Q ²	
B1 (%)	75,79	73,32	72,80	74,50	NS	NS	1,23
C1 (%)	24,21	26,67	27,20	25,50	NS	NS	1,23
Kd (h)	4,36	4,23	4,84	5,68	*	NS	0,30
DP (%)	73,69	71,26	71,33	71,64	NS	NS	1,18
DE (%/h)	50,95	48,97	50,99	51,67	NS	NS	1,21

¹Linear. ²Quadrático. ³Erro padrão da média, *p<0,10; **p<0,05. NS = Não significativo, B1 = fração potencialmente degradável (%); C1 = fração não degradável (%); kd = taxa fracional de degradação da fração potencialmente degradável da FDN; DP = Degradabilidade potencial; DE = Degradabilidade Efetiva para a taxa de passagem 2%/h

Discussão

A adubação nitrogenada de pastagens é uma tecnologia que visa melhorar a produtividade do sistema, por meio do aumento da taxa de lotação principalmente devido a maior massa de forragem produzida (Romanziniet al, 2018). Desta forma, este estudo foi realizado com o objetivo de identificar a dose ótima de adubo onde ocorrem as menores perdas de nitrogênio dentro do sistema planta-animal-ambiente. A hipótese inicial de que o uso de maiores doses de nitrogênio na adubação de pastagens altera os parâmetros ruminais foi aceita, entretanto o padrão do resultado foi inverso ao hipotetizado. Os maiores valores de pH ruminal relacionado à maior dose de N (270 kg N/ha/ano) pode ter sido consequência do menor consumo ocasionando menor fermentação e produção de AGCC (Delevatti et al., 2019).

Segundo Van Soest (1994), a faixa de pH ideal para o bom desenvolvimento da atividade microbiana ruminal (bactérias celulolíticas e fibrolíticas) é entre 6,2 a 7,2. Em situações em que o pH se mantenha abaixo de 6,2 o tempo de colonização das partículas alimentares aumenta, aumentando também o tempo de degradação da

parede ruminal, diminuindo a taxa de digestão. Os valores de pH se mostraram, em alguns horários abaixo do nível crítico de 6,2 mostrado por Hoover (1986), como o mínimo para não prejudicar a degradação da parede celular. Porém, é importante ressaltar que os valores de pH não permaneceram por longos períodos abaixo de 6,2, o que causaria maiores prejuízos ao crescimento de microrganismos que degradam a parede celular.

Nos sistemas de produção de ruminantes em pastagens formadas com gramíneas tropicais, o principal objetivo no período das águas é a exploração de plantas forrageiras em pastejo; buscando maximizar a taxa de ingestão, a digestão da fração fibrosa e a síntese de proteína microbiana através da utilização da amônia produzida no rúmen. O comportamento quadrático para N-NH_3 ruminal, com pico de concentração quando da adubação de 180 kg N/ha/ano é reflexo do aumento do consumo de N aliado à taxa de absorção ruminal. Pastagens tropicais com adubação nitrogenada tendem a aumentar as frações proteicas A (NNP), B1 e B2, os quais tem altas taxas fracionais de degradação (Henriques et al., 2007), favorecendo o aporte de N-NH_3 ruminal. Por outro lado, um pico de produção de amônia torna-se ineficiente se não houver energia prontamente disponível para a síntese microbiana, nesse caso a amônia liberada será absorvida pela parede do rúmen, podendo ser perdida na urina, comprometendo, desse modo, o desempenho animal (Davies et al.; 2005). Estudo anterior afirma que a máxima eficiência na síntese microbiana é atingida quando se obtém a relação de 160 g de proteína degradável (PD) por quilo de matéria orgânica (MO) fermentável, enquanto que valores da ordem de 210 g de PD/kg de MO fermentável resultam em apreciável perda de nitrogênio (Poppie McLennam, 1995). Aplicando este conceito nos dados deste estudo, considerando que os pastos

apresentam em média 91% MO e 76% digestibilidade da MS, a máxima eficiência na síntese microbiana seria atingida com pastos ao redor de 11% PB, valor abaixo da PB efetivamente mensurada nos pastos (acima de 14%, Tabela 3), indicando que não houve deficiência proteica. Estratégias de manejo que visem melhorar o sincronismo entre disponibilidade de energia com a liberação de NH_3 para melhorar a eficiência da síntese microbiana são desejáveis, e, nesse caso, caberia à suplementação, na época das águas, propiciar o máximo desenvolvimento dos microrganismos ruminais (Reis et al., 2005).

A concentração mínima de N-NH_3 necessária para manter máxima taxa de crescimento microbiano varia de acordo com a fermentação da dieta. Estudos anteriores a esta pesquisa sugeriram que a concentração mínima de N-NH_3 ruminal para a manutenção do crescimento de microrganismos deveria estar entre 6,3 e 10mg/dL (Detmann et al., 2014; Leng, 1990). Os dados encontrados estão de acordo com as concentrações sugeridas, portanto, sem potencial para ocasionar prejuízos ao consumo ou a digestibilidade da matéria seca.

Apesar da diminuição linear no CMS, o aumento da dose de adubação nitrogenada incorreu num aumento da concentração de PB da forragem, resultando num aumento linear do consumo de PB, uma vez que nestas condições o atendimento dos requerimentos para produção dos animais experimentais se dá via controle quimiostático e não físico, como acontece quando se fornece forragens com baixo valor nutricional ao consumo animal (Fontaneli, 2014). Em geral, o metabolismo do nitrogênio é afetado pelos níveis de proteína bruta na dieta e a excreção urinária e fecal do nutriente aumenta linearmente com o consumo de proteína bruta (Antunes et al., 2016; Dong et al., 2014; Waldrip et al., 2013). Por outro lado, o aumento linear da

digestibilidade aparente do N assim como da quantidade de N absorvido foram provavelmente uma consequência da diluição de N endógeno fecal e urinário, uma vez que ambas excreções não diferiram entre tratamentos.

Diferentes rotas de excreção de N pelo animal (via fezes ou urina) causam diferentes impactos ambientais, uma vez que o N urinário é mais volátil que o N fecal (Hristov et al., 2019) com maior potencial para produção de óxido nitroso. Em geral, bovinos excretam mais N via urina (aproximadamente 26 a 88%) do que nas fezes (aproximadamente 20 a 40%; Donget al., 2014). Neste estudo, o aumento da adubação nitrogenada proporcionou uma mudança na rota de excreção deste nutriente, diminuindo a relação entre N urinário/N fecal, o que pode ter sido em função do aumento da reciclagem de N, via saliva (Valadares Filho et al., 2016). Estudo prévio indicou que a reciclagem de N-ureico aumentou linearmente com o aumento da ingestão de N, sendo em média 35,2% do N ingerido e que a máxima eficiência da assimilação microbiana de ureia reciclada atinge o platô próximo a valores de 194 g PB/kg MOD (Batista et al., 2017). Neste estudo, a relação PB/MOD aumentou de 168, 171, 214 e 245 g PB/kg MOD, com o aumento das doses de N de 0, 90, 180 e 270 kg N/ha, indicando que a máxima eficiência da assimilação microbiana de ureia reciclada provavelmente foi atingida acima de 180 kg N/ha.

A eficiência de assimilação do nitrogênio pelos animais domésticos normalmente é baixa, situação essa que acarreta elevada excreção de resíduos nitrogenados (Steinfeld et al., 2006). Em geral, a eficiência de uso do nitrogênio em bovinos de corte é de aproximadamente 10% (Hutchings et al., 1996). Detmann et al. (2014) utilizando um banco de dados de animais em pastejo em clima tropical, reportaram uma média de 11,6% para a eficiência aparente de utilização do nitrogênio,

o que pode ser ocasionado pela fonte de nitrogênio disponibilizada aos animais ou até mesmo pelo desbalanço proteico-energético da dieta dos mesmos. Neste estudo, os animais apresentaram uma eficiência de uso do nitrogênio (relação entre N absorvido e N ingerido) maior do que os valores relatados, sendoem média 39%, deve-se ainda ressaltar quenão houve diferenças entre os tratamentos estudados. Essa ausência de diferença para a eficiência de uso do nitrogênio pode ser explicada pois ambos, tanto N absorvido, quanto N ingerido, ao variarem mantiveram a proporcionalidade nesta variação, acarretando mesma eficiência de uso do nutriente.

Conclusão

O aumento da adubação nitrogenada de pastagens alterou os parâmetros ruminais de bovinos de corte mantidos em sistemas de pastejo contínuo. A maior dose de adubação avaliada pode ser recomendada uma vez que aumenta a eficiência de uso do nitrogênio, por reduzir o teor de nitrogênio amoniacal e em paralelo aumentar ambos, tanto a quantidade consumida desse nutriente, quanto a quantidade absorvida pelo animal.

Referências

ANTUNES, A.P.S., JÚNIOR, V.R.R., MENEZES, G. C. C., RUAS, J. R. M., SOUZA, V. M., MARIZ, L. D. S., SILVA, J. J. P., SILVA, D. A. Nitrogênio não proteico em substituição ao farelo de soja na dieta de vacas F1 Holandês x Zebu. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.23, n.3-4, p.174-179, 2016.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 771 p. 1990.

BARBERO, R. P., MALHEIROS, E. B., ARAÚJO, T. L. RÓS, NAVE, R. L. G., MULLINIKS, J. T., BERCHIELLI, T. T., RUGGIERI, A. C., REIS, R. A. Combining Marandu grass grazing height and supplementation level to optimize growth

and productivity of yearling bulls. **Animal Feed Science and Technology**, v. 209, p. 110 -118, 2015

BARBOSA, R. A. **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande, Embrapa Gado de Corte. 2006.

BATISTA, E.D., DETMANN, E., GOMES, D.I., RUFINO, L.M.A., PAULINO, M.F., VALADARES FILHO, S.C., FRANCO, M.O., SAMPAIO, C.B., REIS, W.L.S. Effect of protein supplementation in the rumen, abomasum, or both on intake, digestibility, and nitrogen utilization in cattle fed high-quality tropical forage. **Animal Production Science**, v.57, n.10, p.1993–2000, 2017.

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.

CHEN, X. B., GOMES, M. J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives-an overview of the technical details**. Occasional publication. Buchsburn and Aberdeen. Ed. Rowett Research Institute. 21 p., 1992.

DAVIES, D.R., THEODOROU, K.M., KINGSTON-SMITH, A.H. Advances in silage quality. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 20., 2005, Dublin. **Proceedings**... Dublin, 2005. CD-ROM.

DELEVATTI, L. M., ROMANZINI, E. P., KOSCHECK, J. F. W., ARAUJO, T. L. R., RENESTO, D. M., FERRARI, A. C., BARBERO, R. P., MULLINIKS, J. T., REIS, R. A. Forage management intensification and supplementation strategy: Intake and metabolic parameters on beef cattle production. **Animal Feed Science and Technology**, v. 247, p.74-82, 2019.

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.5, p.1600-1609, 2001.

DETMANN, E., VALENTE, E. E. L.; BATISTA, E. D.; HUHTANEN, P. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science**, v. 162, n. 1, p. 141–153, 2014.

DONG, R.L., ZHAO, G.Y., CHAI, L.L., BEAUCHEMIN, K.A. Prediction of urinary and fecal nitrogen excretion by beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 92, p.4669-4681, 2014.

FOLDAGER, J. **Protein requirement and non-protein nitrogen for high producing cow in early lactation**. Ph.D. Thesis. Michigan State University, East Lansing, MI. 1977.

FONTANELI, R.S. **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. Editores: R. S. FONTANELI, H. P. DOSSANTOS, R. S. FONTANELI – 2ª. ed.; Brasília, DF: Embrapa, 544 p. 2014.

HENRIQUES, L.T., COELHO DA SILVA, J.F., DETMANN, E., VÁSQUEZ, H.M., PEREIRA, O.G. Frações dos compostos nitrogenados de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte e doses de adubação nitrogenada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n.3, p.740-748, 2007.

HOOVER, W.H., STOCKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3630-3644, 1991.

HOOVER, W. H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal Dairy Science**, v. 68, n. 1, p. 40 - 44, 1986

HRISTOV, A.N., BANNINK, A., CROMPTON, L.A., HUHTANEN, P., KREUZER, M., McGEE, M., NOZIÈRE, P., REYNOLDS, C.K., BAYAT, A.R., YÁÑEZ-RUIZ, D.R., KEBREAB, E., SCHWARM, A., SHINGFIELD, K.J., YU, Z. Invited review: Nitrogen in ruminant nutrition: A review of measurement techniques. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 7, p. 5811-5852, 2019.

HUTCHINGS, N. J.; SOMMER, S. G.; JARVIS, S. C. A model of ammonia volatilization from a grazing livestock farm. **Atmospheric Environment**, v.30, p.589-599. 1996.

KULASEK, G.A. A micromethod for determination of urea in plasma, whole blood and blood cells using urease and phenol reagent. **Polish Archive Veterinary**, v.15, p.801-810, 1972.

LENG, R. A. Factors affecting the utilization of “poor-quality” forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research Reviews**, v. 3, p. 277- 303, 1990.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fibre in feeds with refluxing beakers or crucibles: collaborative study. **Journal AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.

ORSKOV, E., McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, n.02, p.499-503, 1979.

PARIS, W., CECATO, U., BRANCO, A.F., BARBERO, L.M., GALBEIRO, S. Produção de novilhas de corte em pastagem de Coastcross-1 consorciada com *Arachis pintoi* com e sem adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 122-129, 2009.

PRIMAVESI, O., CORRÊA, L.A., PRIMAVESI, A.C. **Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado: eficiência e perdas**. São Carlos, Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 42p. (Circular Técnica, 30).

POPPI, D.P., MCLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v.73, p.278-290, 1995.

REIS, R.A., MELO, G.M.P., BERTIPAGLIA, L.M.A. Otimização da utilização da forragem disponível através da suplementação estratégica. In: REIS, R.A., SIQUEIRA, G.R., BERTIPAGLIA, L.M.A. (Eds.). **Volumos na produção de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, p.159-186. 2005.

ROMANZINI, E.P., BERNARDES, P.A., MUNARI, D.P., REIS, R.A., MALHEIROS, E.B. A review of three important points that can improve the beef cattle productivity in Brazil. **Animal Husbandry, Dairy and Veterinary Science**, v.2, n.3, p.1-4, 2018.

RUSSELL, J.B. Minimizing ruminant nitrogen losses. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.47-64. 1992.

SOLLENBERGER, L.E., CHERNEY, D.J.R. **Evaluating forage production and quality**. The Science of Grassland Agriculture. Ames: Iowa State University Press, p. 97-110, 1995.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; DE HAAN, C. **Livestock's long shadow** (p. 392). Rome: FAO. 2006.

VALADARES FILHO, S. C., COSTA e SILVA, L. F., GIONBELLI, M. P., ROTTA, P. P., MARCONDES, M. I., CHIZZOTTI, M. L., PRADOS, L. F. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados**. 3ª Ed. BR – CORTE. 345p. 2016.

VALADARES, R. F. D., BRODERICK, G. A., VALADARES FILHO, S. C., CLAYTON M. K. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 11, p. 2686-2696, 1999.

VALENTE, T.N.P., DETMANN, E., QUEIROZ, A.C., VALADARES FILHO, S. C., GOMES, D. I., FIGUEIRAS, J. F. Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2565–2573. 2011.

VAN SOEST, P. Nutritional ecology of the ruminant. 2. Ithaca: **Cornell University Press**, 476 p, 1994.

WALDRIP, H.M., TODD, R.W., COLE, N.A. Prediction of nitrogen excretion by beef cattle: A meta-analysis. **Journal of Animal Science**, v.91, p.4290-4302, 2013.

CAPÍTULO 3- PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO EM BOVINOS DE CORTE DURANTE A ESTAÇÃO CHUVOSA EM PASTAGENS TROPICAIS DE CAPIM MARANDU ADUBADAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE NITROGÊNIO

RESUMO – O presente estudo teve como objetivo avaliar a emissão de metano entérico de bovinos de corte mantidos em sistema de pastejo contínuo com taxa de lotação variável em pastagens adubadas com diferentes doses de nitrogênio. Este experimento foi conduzido no setor de Forragicultura e Pastagens da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Unesp, Câmpus de Jaboticabal, SP. Os tratamentos analisados foram quatro doses de nitrogênio (0, 90, 180 e 270 kg N/ha/ano) aplicadas durante a estação chuvosa em três parcelas. Este experimento se desenvolveu no término de duas estações chuvosas consecutivas, a primeira - em abril de 2015 e a segunda - em abril de 2016. Foram utilizados 6 animais *testers* por tratamento, em cada um dos anos avaliados, para a mensuração das emissões de metano entérico, por meio da técnica que utiliza hexafluoreto de enxofre (SF₆). Análises em paralelo, como consumo e desempenho dos animais foram realizadas para o cálculo dos fatores de emissão. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, onde se compararam os efeitos exclusivos dos tratamentos sobre os resultados, sendo analisados 4 tratamentos (doses de nitrogênio), com 12 repetições (animais). As médias quando significativas foram comparadas pelo teste de Tukey, no software SAS versão 9.4. Significância foi declarada a $p < 0.05$. O consumo de nutrientes não diferiu ($p > 0,6692$) entre os tratamentos estudados, já a produção de metano entérico, calculada para os diferentes fatores de emissão, foram diferentes ($p < 0,0408$) entre os tratamentos. De forma geral, o que se observaram foram maiores valores de produção de metano entérico, independente dos fatores de emissão considerados, para o tratamento sem adubação nitrogenada (0 kg N/ha/ano) e por outro lado, menores valores para as mesmas variáveis para o tratamento 180 kg N/ha/ano. Apesar da ausência de diferença no consumo de nutrientes, fator diretamente associado a diferenças na produção de metano, o que possivelmente tenha proporcionado as diferenças na produção de metano entérico deste estudo foi a composição químico-bromatológica da forragem disponível para consumo dos animais entre os diferentes tratamentos. Nestas condições, concluiu-se que as emissões de metano entérico medidas nos tratamentos com adubação nitrogenada são inferiores ao valor padrão preconizado pelo IPCC para realização de inventários. Portanto, o fator de emissão do IPCC 2016 talvez superestime a produção de metano entérico em condições tropicais.

Palavras-chave: gás de efeito estufa, hexafluoreto de enxofre, mitigação

INTRODUÇÃO

Atualmente muito se discute a respeito do impacto ambiental das atividades pecuárias e agrícolas, principalmente no que se refere às mudanças climáticas. De acordo com o último inventário nacional de emissões de gases, emitido pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTI, 2017), o setor agropecuário é responsável por 33% do total das emissões de gases do efeito estufa (GEE) do Brasil, sendo o metano (CH_4) proveniente da fermentação entérica e o óxido nitroso (N_2O) da adubação nitrogenada os principais gases emitidos, com contribuição de 62% e 38%, respectivamente. O gás oriundo de sistemas de produção de bovinos origina-se, principalmente, da fermentação entérica (90%), sendo o restante produzido a partir dos dejetos dos animais (MCTI, 2017). A produção do CH_4 de origem entérica está diretamente relacionada ao consumo de alimentos, sendo maior quanto maior o consumo do animal (Lancaster et al., 2009, Hegarty et al., 2007). Além disso, o CH_4 apresenta relação direta com a eficiência da fermentação ruminal em virtude da perda de carbono e, conseqüentemente, perda de energia, influenciando o desempenho animal (Cotton e Pielke, 1995).

Estudos com ruminantes demonstraram que a emissão de CH_4 depende da quantidade do alimento ingerido e da qualidade da dieta (Environmental Protection Agency - EPA, 2015, Holter e Young, 1992, Tamminga, 1979). A utilização de fertilizantes nitrogenados constitui uma alternativa para elevar a produção da cultura (Oliveira et al., 2007), uma vez que o nitrogênio (N) é o elemento que mais limita a produtividade da pastagem (Boddey et al., 2004). No entanto, seu uso excessivo resulta em impactos ambientais, visto que tais adubos são oriundos de combustíveis fósseis, contribuindo com a emissão de GEE.

A eficiência de produção está relacionada com a redução nas emissões do gás metano (CH_4), coproduto da fermentação anaeróbia no rúmen, e amplamente associado a impactos ambientais. Do ponto de vista nutricional, o balanceamento das dietas, redução na participação de tecidos fibrosos e aumento na digestibilidade reduzem as perdas energéticas na forma de CH_4 e aumenta o desempenho (Boland et al., 2013). Dietas com base em forrageiras tropicais apresentam elevada fração fibrosa, fazendo-se necessário a melhoria da qualidade desse alimento para diminuir os efeitos sobre a produção desse gás.

A hipótese deste estudo é que a adubação nitrogenada aumenta a produção e qualidade da forrageira e conseqüentemente, reduz a produção de metano entérico dos animais mantidos nesse sistema. O objetivo deste estudo foi mensurar o efeito das diferentes doses de adubação nitrogenada no pasto e quantificar as emissões de metano entérico durante a estação chuvosa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética e Bem-Estar Animal (CEBEA), processo #12703/2015 e conduzido no setor de Forragicultura e Pastagens da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Unesp, Câmpus de Jaboticabal, SP.

Local e área experimental

O experimento foi realizado na Universidade Estadual Paulista, localizada na cidade de Jaboticabal, onde o clima é classificado como tropical de altitude do tipo Aw

de acordo com a classificação de Köppen, com verão quente e chuvoso e inverno seco e temperaturas amenas. Os dados meteorológicos (Tabela 1) registrados durante o período experimental são provenientes do acervo do Departamento de Ciências Exatas da Estação Agroclimatológica do Campus de Jaboticabal, localizada na latitude 21°14'05" sul, e longitude 48°17'09" oeste com altitude de 615,01 metros.

Tabela 1. Dados climáticos observados em Jaboticabal-SP nos períodos de Dezembro de 2014 a Março de 2015 e de Dezembro de 2015 a Março de 2016

Período	Temperatura (°C)			Chuva (mm)	Dias de Chuva
	Máxima	Mínima	Média		
Dez/14	31,0	20,1	24,6	150,3	15
Jan/15	33,9	21,1	26,5	101,5	9
Fev/15	30,9	20,0	24,3	283,7	19
Mar/15	29,1	19,8	23,3	183,3	21
Dez/15	31,0	20,9	24,8	372,3	21
Jan/16	29,9	20,6	24,4	449,4	18
Fev/16	31,9	21,1	25,2	201,0	14
Mar/16	31,4	20,2	24,6	132,9	17

Departamento de Ciências Exatas da Estação Agroclimatológica do Campus de Jaboticabal

A área experimental é constituída por pastagem de *Brachiariabrizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu [syn. *Urochloabrizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. D. Webster cv. Marandu]. Foram utilizados 12 piquetes com áreas de 0,5, 0,7, 1,0 e 1,3 ha cada, somados a mais 1,5 ha de piquetes reservas. O experimento foi repetido em duas estações chuvosas, a primeira com início em dezembro de 2014 e término em março de 2015 e a segunda com início em dezembro de 2015 e término em março de 2016. As avaliações de metano entérico foram repetidas no final das duas estações: a primeira, em abril de 2015 e a segunda, em abril de 2016.

De acordo com a análise de solo (Tabela 2) feita antes do início do experimento, foi realizada a adubação de manutenção com 50 kg/ha de P_2O_5 e 70 kg/ha de K_2O .

Tabela 2. Análise de solo da área experimental.

Tratamento (kg N/ha/ano)	P resina mg/dm ³	MO g/dm ³	pH $CaCl_2$	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	H+Al	SB	CTC	V
						mmol/dm ³				%
0	15	31	5,1	1,3	21	11	25	33	58	57
90	12	32	4,7	0,7	20	7	34	28	62	45
180	8	28	4,8	1	13	6	28	20	48	42
270	15	31	5,2	0,8	18	10	22	29	51	57

P resina = fósforo extraído do solo por resina trocadora de íons (mg/dm³ = $\mu\text{g}/\text{cm}^3$), MO = matéria orgânica (g/dm³ = %, com base em volume de solo x10), pH em $CaCl_2$ = pH determinado em solução centimolar de cloreto de cálcio, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} = respectivamente potássio, cálcio e magnésio trocáveis, (mmolc/dm³ = cmolc/dm³ x 10), H+Al = acidez potencial ou total (mmolc/dm³ = cmolc/dm³ x 10), SB = soma de bases ($Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+$), CTC = capacidade de troca de cátions, ou SB + (H+Al), V = índice de saturação por bases ou V = 100SB/CTC

Foi utilizado o método de lotação contínua com taxa de lotação variável - *putandtake* -(Motte Lucas, 1952) e altura fixa de pastejo em 25 cm, uma vez que foi a altura que propiciou nos estudos dos últimos sete anos na área o melhor equilíbrio entre ganho por animal e por área apresentando alto consumo de matéria seca por animal, ganho médio diário em torno de 1,0 kg/animal/d e taxa de lotação e produção animal por área, satisfatórios. (Barbero et al., 2015).

Tratamentos e animais

Os tratamentos foram constituídos por quatro doses de nitrogênio aplicadas nos pastos na forma de ureia (0, 90, 180 e 270 kgN/ha/ano) e arrançados em delineamento inteiramente casualizado com três repetições por tratamento (piquetes). As

adubações foram parceladas em três aplicações ao longo do período sendo que a primeira ocorreu em dezembro de cada ano, logo após o pastejo de uniformização. As demais aplicações ocorreram a cada 35 dias. No manejo do sistema de produção foram utilizados 81 tourinhos Nelore, com peso corporal inicial médio de $255 \pm 26,7$ kg, para manter a altura do pasto. Os animais foram distribuídos ao acaso em quatro tratamentos (doses de nitrogênio) e três repetições (piquetes). Dentre esses animais, 6 tourinhos por tratamento (2 por piquete) foram escolhidos e adaptados para futuras mensurações da produção de metano entérico.

Massa de forragem, composição morfológica e química da forragem

Avaliações de forragem foram feitas a cada 28 dias, durante todo o período de permanência dos animais nos pastos, por meio do corte e coleta de amostras de forragem em cada piquete. A altura média do dossel durante o período chuvoso foi avaliada a cada 7 dias, a partir da medição de 80 pontos aleatórios dentro de cada piquete, para manutenção da altura do pasto em 25 cm.

A estimativa da massa de forragem (MF, Tabela 3), foi realizada por meio do corte e coleta de três amostras de forragem em pontos representativos (altura média) em cada piquete. A forragem foi cortada rente ao solo em área delimitada por aro circular de $0,25\text{m}^2$. As amostras foram pesadas inicialmente, depois sub amostradas em 2 partes, sendo uma para determinação da composição morfológica dos pastos, separadas manualmente em material senescente (folha e colmo), haste verdes (bainha foliar e colmo) e lâminas foliares verdes, e uma para estimativa da disponibilidade de massa seca total (MST, kg MS/ha) de forragem de cada piquete. As amostras foram secas em estufa com circulação de ar a 55°C por 72 h e pesadas

em balança semianalítica. A taxa de acúmulo foi medida com auxílio de gaiolas de exclusão, as quais foram alocadas em diferentes pontos dos piquetes, onde a altura média era atingida. Após cada período as gaiolas eram removidas e a forragem acumulada era medida. A taxa de lotação foi calculada com base no número de animais em cada piquete (animais testes e reguladores) e o peso dos respectivos animais, em que a unidade animal (UA) correspondeu a 450 kg de PC.

Tabela 3. Média da massa de forragem, composição morfológica e taxa de lotação nos pastos de capim Marandu adubado com diferentes doses de nitrogênio (N) durante a estação chuvosa, referentes aos períodos avaliados (dezembro a março)

Variável ¹	Tratamento (kg N/ha/ano)				Média	EPM
	0	90	180	270		
Massa de forragem (tMS/ha)	5,90	6,42	5,93	5,58	5,96	0,16
Tx de Acúmulo ² (kg MS/ha/dia)	41,98	76,07	104,5	119,7	85,58	3,70
Folhas (%MS)	41,36	45,82	35,14	38,49	40,20	1,39
Colmo + bainha (%MS)	41,14	39,40	49,89	45,81	44,06	1,51
Material morto (%MS)	17,49	14,76	14,96	15,69	15,72	1,22
Taxa de lotação (UA/ha)	3,14	3,91	5,57	6,17	4,70	0,30

¹Delevatti (dados não publicados). ²Taxa de Acúmulo de Forragem. MS – Matéria seca. EPM – erro padrão da média.

Valor nutritivo

Na determinação do valor nutritivo da forragem (Tabela 4) as amostras do pasto que representam a fração consumida pelos animais foram coletadas a cada 28 dias a partir da simulação do pastejo (Sollenbergere Cherney, 1995), coletadas pelo método *hand-plucking* que consiste em colher a forragem após prévia observação do hábito de pastejo dos animais. As amostras frescas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas. Após pré-secagem, todas as amostras de forragem foram processadas em moinho do tipo Willey, com peneira de malha com crivo de 1mm, exceto para análises de FDNi (fibra em detergente neutro indigestível)

que foram moídas em 2mm, e incubados *in situ* por 288 horas e depois extraídos com detergente neutro (Valente et al., 2011), utilizada posteriormente para determinação do CMS de forragem.

As amostras foram quantificadas quanto aos teores de matéria seca (MS, método #934,01) e matéria mineral (MM, método #942,05) de acordo com a AOAC (1990). A avaliação dos teores de compostos nitrogenados foi realizada de acordo com os procedimentos descritos pela AOAC (1990) pelo método de combustão de Dumas, utilizando-se o equipamento Leco®, modelo FP-528 (Leco Corporation, Michigan, USA). As avaliações de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram realizadas no analisador de fibra ANKOM 2000 (AnkomTechnologies, Macedon, NY) (Mertens, 2002). A lignina foi obtida por diferença após a solubilização da celulose em H₂SO₄ 72%. A energia bruta foi avaliada usando-se uma bomba calorimétrica adiabática (PARR InstrumentCompany 6300, Illinois, USA).

Tabela 4. Composição química do pastejo simulado de capim Marandu (% da matéria seca) durante a estação chuvosa proveniente de pastos adubados com diferentes doses de nitrogênio (N)

Variável ¹	Tratamento (kg N/ha/ano)				Média	EPM
	0	90	180	270		
Proteína Bruta	14,15	17,09	18,54	19,84	17,41	0,54
Fibra em detergente neutro	62,36	59,61	57,32	56,58	58,96	0,58
Fibra em detergente ácido	31,14	30,00	29,14	28,99	29,82	0,4'
Lignina	3,86	3,72	3,61	3,59	3,70	0,1
Matéria mineral	8,62	8,69	8,94	9,14	8,85	0,09
Matéria orgânica	91,38	91,31	91,06	90,86	91,15	0,11

¹Delevatti (dados não publicados). Erro padrão da média – EPM.

Metano entérico

Para mensuração da produção diária de gás metano foram utilizados seis animais por tratamento, totalizando 24 animais com peso médio de 364 kg. Foi utilizada a metodologia do gás traçador SF₆, desenvolvida pela Universidade de Washington (Johnson e Johnson, 1995, adaptado por Primavesi et al., 2004). Para esta técnica, utilizou-se uma fonte chamada tubo de permeação que é emissora do gás hexafluoreto de enxofre (SF₆), a qual possui fluxo constante e conhecido, este tubo foi colocado no rúmen dos animais via sonda esofágica. O gás expelido pela boca e narinas é aspirado por um equipamento fixado em cabresto e ligado a um depósito de PVC submetido à vácuo de 1 atm para ser preenchido a ½ atm 24 h, o qual é calibrado por meio de tubo capilar localizado no cabresto, logo atrás do filtro de admissão, durante 6 dias seguidos. Para cada período de coleta de 24h, foi utilizado um depósito de PVC (canga), que é encaminhado para a análise cromatográfica. Antes do início do experimento as cápsulas de SF₆ devem ser monitoradas quanto à taxa de liberação desse gás. As cápsulas devem permanecer em béquer imerso em banho-maria a uma temperatura de 39°C durante 6 semanas. Semanalmente as cápsulas devem ser pesadas para determinar a taxa de emissão de SF₆. Após esse processo já podem ser introduzidas no rúmen dos animais para dar início ao experimento.

A metodologia do gás traçador SF₆ que estima a produção de gás metano por ruminantes praticamente não apresentou diferenças nos estudos comparativos com mensurações feitas em câmaras barométricas. Isto torna tal técnica uma importante ferramenta para auxiliar nas pesquisas para determinação da produção de metano

entérico e nutrição energética de ruminantes em sistemas extensivos (Johnson et al., 2001).

Os animais foram adaptados aos aparatos de coleta (cangas e cabrestos) por período de 14 dias. As coletas de metano foram realizadas por 6 dias consecutivos, com troca das cangas (ou “tubos de PVC”) para captação de metano a cada 24 horas. Assume-se que o padrão de emissão de SF₆ simule a emissão de metano, sendo está calculada pela fórmula:

$$CH_4 = \frac{C_{SF_6} \times (CH_{4c} - CH_{4Amb})}{SF_{6c}}$$

Onde: CH₄ = taxa diária de emissão por animal, C_{SF₆} = emissão conhecida de SF₆ pela cápsula ruminal, CH_{4c} = concentração de CH₄ coletada na canga, CH_{4Amb} = concentração de CH₄ no ambiente e SF_{6c} = concentração de SF₆ na canga.

O metano coletado é armazenado no aparato de amostragem (canga), que fica alojado ao pescoço do animal. A leitura das concentrações dos gases foi realizada em cromatógrafo a gás equipado com detector de ionização de chama para leitura de metano, e detector de captura de elétrons, para a leitura do SF₆ (assume-se que o padrão de emissão de SF₆ simule o padrão de emissão de CH₄), a quantificação de metano na amostra será realizada em função das concentrações de SF₆. Para análise cromatográfica e determinação dos gases: SF₆ e CH₄, o material foi levado para o Laboratório de Análises em Nutrição Animal (LANA). As cromatografias foram realizadas imediatamente ao final dos períodos de cada coleta de campo.

Produção Animal e Consumo de Nutrientes

Para determinação do ganho médio diário (GMD), dos animais foram realizadas pesagens no início (PC inicial) e final (PC final) do período experimental, após jejum alimentar e hídrico de 14 horas.

Para estimativa do consumo de matéria seca e posteriores nutrientes (FDN, PB, EB), os animais receberam marcadores externos de óxido crômico (Cr_2O_3) via sonda esofágica para estimar a excreção fecal (Burns et al., 1994) a 10 g/animal/d, por nove dias; os sete primeiros dias foram utilizados para adaptação (1d a 7d) e três (8d a 10d) para coleta de fezes nos tempos previamente definidos (17h00, 11h00 e 06h00). As amostras de fezes foram coletadas imediatamente após a defecação ou diretamente no reto dos animais, em quantidades aproximadas de 200 g, identificadas por animal e levadas a estufas de ventilação forçada a 55°C, moídas em moinhos com peneiras de crivo de 1 mm e acondicionadas em potes plásticos para posteriores análises. O Cr_2O_3 foi condicionado em cartuchos de papel e introduzido via sonda esofágica no trato gastrintestinal dos animais às 11h00. Amostras de fezes correspondentes aos diferentes tempos de coleta compuseram uma amostra para cada animal. O consumo dos nutrientes (kg/d) de forragem pelos animais foi calculado utilizando a FDNi como indicador interno, a partir da equação proposta por Detmann et al (2001):

$$CMS = \frac{(EF \times CIF)}{CIFo}$$

Onde: CMS = consumo de matéria seca (kg/d); EF = excreção fecal (kg/d); CIF = concentração do indicador nas fezes e CIFo = concentração do indicador na forragem.

Análises estatísticas

Os dados, referentes as emissões de metano entérico, foram analisados em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e seis repetições (animais) por tratamento, repetidos de forma semelhante entre os dois anos estudados (n = 48). As análises foram desenvolvidas pelo procedimento GLM do SAS versão 9.4. Quando significativo, o efeito do tratamento foi analisado pelo teste de Tukey. Significância foi declarada a $p \leq 0,05$. O modelo, abaixo descrito, inclui efeitos de tratamentos (3 GL).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Onde: Y_{ij} = observação j no tratamento i; μ = média geral; T_i = efeito fixo de tratamento i; ε_{ij} = erro aleatório da observação j no tratamento i.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados na Tabela 5. As doses de nitrogênio afetaram a produção de CH_4 por dia, por kg de matéria seca, por peso metabólico, por kg de ganho e por energia bruta ingerida. Na Tabela 5 também estão apresentados os resultados das variáveis PC inicial, $\text{PC}^{0,75}$ e GMD mensurados durante a avaliação de metano entérico. O PC inicial e $\text{PC}^{0,75}$ dos animais não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, devido a homogeneidade dos lotes adquiridos para o experimento.

Os dados de consumo de MS, CFDN, CPB e CEB não foram significativos ($p > 0,05$) para os tratamentos em questão. Já os dados de produção de metano entérico foram significativos ($p < 0,05$) para todas as variáveis analisadas. Sendo que os animais que foram mantidos em pastagem não adubada com nitrogênio apresentaram

maiores emissões, 34,3, 50,9 e 34,9 g CH₄/d a mais que os tratamentos de 90, 180 e 270 kg N/ha/ano, respectivamente.

Tabela 5. Produção de metano entérico e de bovinos recriados em pastos de capim Marandu adubados com diferentes doses de nitrogênio (0, 90, 180 e 270 kg N/ha/ano)

Variável	Tratamento (kg N/ha/ano)				p-Valor
	0	90	180	270	
PC inicial (kg)	365,0	374,0	358,0	360,0	0,7831
PC ^{0,75} (kg)	83,50	85,00	82,30	82,60	0,7831
GMD (kg/d)	0,939	0,985	0,879	0,898	0,0170
<i>Consumo</i>					
MS ¹	8,24	8,47	7,77	8,26	0,9616
FDN ¹	4,96	4,89	4,34	4,59	0,8731
PB ¹	1,13	1,42	1,37	1,53	0,6692
EB ²	296,01	317,32	281,76	310,51	0,8831
<i>Produção de metano</i>					
CH ₄ (g/d)	122,80	88,60	71,90	87,90	0,0095
CH ₄ (kg/ano)	44,82	32,32	26,26	32,07	0,0095
CH ₄ (kg/PC)	0,339	0,236	0,194	0,242	0,0039
CH ₄ (g/kg PC ^{0,75})	1,48	1,04	0,89	1,08	0,0087
CH ₄ (g/kg CMS)	17,20	11,39	8,99	11,88	0,0101
CH ₄ (g/kg CFDN)	29,62	20,25	16,53	21,65	0,0378
CH ₄ (g/kg GMD)	130,77	89,95	81,80	97,88	0,0408
CH ₄ (g/%CEB)	150,37	78,40	60,46	72,62	0,0019

PC= peso corporal, GMD= ganho de peso médio diário, MS= matéria seca, FDN= fibra em detergente neutro, PB= proteína bruta, EB= energia bruta, CH₄= metano, CFDN= consumo de FDN, CEB= consumo de energia bruta. ¹kg por dia. ²g por dia.

Avaliar animais que são eficientes durante a fase de crescimento e recria no sistema de produção extensivo, sem receber suplementação, mantendo as emissões de metano entérico baixas é um desafio importante para os produtores de bovinos de corte em todo o mundo. Sendo uma parte considerável do rebanho bovino mundial mantido em condições de pastejo, os estudos se fazem necessários para indicar uma estratégia alimentar ou de manejo que indique uma forma de minimizar os efeitos

dessa emissão de GEE na atmosfera e maximizar os rendimentos e lucros do produtor.

Neste experimento a adubação nitrogenada de pastagens reduziu significativamente as emissões de CH_4 por kg de ganho de peso corporal (Tabela 5). De acordo com os cálculos de Cardoso et al. (2016) as emissões de gases de efeito estufa por kg de carcaça bovina, podem ser reduzidas até 49%, aumentando o ganho diário de animais e a taxa de natalidade, melhorando a qualidade da dieta animal, pastagens, práticas genéticas e sanitárias.

A ausência de efeito da estratégia de manejo do pasto com ou sem suplementação animal em pastagem de capim tropical sobre a emissão de CH_4 entérico foi observada anteriormente por Barbero et al. (2015), San Vito et al. (2016) e José Neto et al. (2015). No entanto, eles calcularam uma produção diária de CH_4 variando de 120-150 g/d, maior do que a média de aproximadamente 80 g/d medida neste estudo (Tabela 5). Se considerado que o consumo de matéria seca é uma das variáveis mais importantes que regulam a produção diária de CH_4 (Reynolds et al., 2011). Essa diferença pode ser atribuída à diferença no peso dos animais e na qualidade da forragem consumida, já que não houve diferença no CMS entre os tratamentos estudados.

A perda de energia bruta ingerida foi significativamente influenciada pelas doses de N (Tabela 5). A adubação reduziu a perda de energia na forma de CH_4 . A adubação nitrogenada em pastagens de clima temperado (150 kg N/ha/ano) reduziu as emissões de CH_4 entérico de bovinos de corte de 7,8% para 6,6% da ingestão de energia bruta (EBi) (Hünerberg et al., 2013). No entanto, a quantidade foi superior a 6% da EBi emitida como CH_4 no tratamento de controle do presente estudo. Adubação

nitrogenada pode indiretamente afetar a produção de CH₄, uma vez que a redução do conteúdo de fibra da planta forrageira, observado na composição químico-bromatológica entre os tratamentos avaliados, pode ser responsável por aumentar a digestibilidade (Hünerberget al., 2013), causando alteração na produção de CH₄.

CONCLUSÃO

A adubação nitrogenada é uma estratégia efetiva para reduzir a produção de metano por animal dia, por kg de ganho de peso e o total da energia bruta ingerida. As emissões de metano medidas nos tratamentos com adubação nitrogenada são inferiores ao valor padrão preconizado pelo IPCC para realização de inventários. Portanto, o fator de emissão do IPCC 2016 talvez superestime a produção de metano em condições tropicais.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 771 p. 1990.
- BARBERO, R.P., MALHEIROS, E.B., ARAÚJO, T.L. RÓS, NAVE, R.L.G., MULLINIKS, J.T., BERCHIELLI, T.T., RUGGIERI, A.C., REIS, R.A. Combining Marandu grass grazing height and supplementation level to optimize growth and productivity of yearling bulls. **Animal Feed Science and Technology**, v. 209, p. 110 -118, 2015
- BODDEY, R.M., MACEDO, R., TARRÉ, R.M., FERREIRA, E., OLIVEIRA, O.C. de, REZENDE, C.D.P., CANTARUTTI, R.B., PEREIRA, J.M., ALVES, B.J.R., URQUIAGA, S. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.103, p.389-403, 2004.
- BOLAND, T.M., QUINLAN, C., PIERCE, K.M., LYNCH, M.B., KENNY, D.A., KELLY, A.K., PURCELL, P.J. The effect of pasture pre-grazing herb mass on methane emissions, ruminal fermentation, and average daily gain of grazing beef heifers. **Journal of Animal Science**, v. 8, p. 3867-3874, 2013.

BURNS, J.C., POND, K.R., FISHER, D.S. **Measurement of forage intake**. In: FAHEYJUNIOR, G.C. (Ed.). Forage quality, evaluation and utilization. Madison: AmericaSociety of Agronomy, p.494-531, 1994.

CARDOSO, A.S., BERNDT, A., LEYTEM, A., ALVES, B.J., DE CARVALHO, I.D.N., DE BARROS SOARES, L.H., URQUIAGA, S., BODDEY, R.M. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. **Agricultural Systems**, v.143, p.86-96.2016.

COTTON, W.R., PIELKE, R.A. **Human impacts on weather and climate**. Cambridge: Cambridge University Press, 288p. 1995.

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.5, p.1600-1609, 2001.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA. **Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2013**. Environmental Protection Agency, Office of Atmospheric Programs, Washington D.C. 2015. Disponível em: <<http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/usinventoryreport.html>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

HEGARTY, R.S., GOOPY, J.P., HERD, R.M., McCORKELL, B. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1479–1486, 2007.

HOLTER, J.B., YOUNG, A.J. Nutrition, feeding and calves: methane prediction in dry and lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2165-2175. 1992.

HÜNERBERG, M., MCGINN, S.M., BEAUCHEMIN, K.A., OKINE, E.K., HARSTAD, O.M., McALLISTER, T. A. Effect of dried distillers' grains plus solubles on enteric methane emissions and nitrogen excretion from finishing beef cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v.93, p.373–385, 2013.

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

JOHNSON, K.A., WESTBERG, H.H., LAMB, B.K., KINCAID, R.L. The use of Sulfur Hexafluoride for measuring methane from farm animals. In: Greenhouse Gases in Animal Agriculture. 2001, **Proceedings...** Obihiro, Hokkaido, Japan. p. 72-79. 2001.

JOSÉ NETO, A., MESSANA, J. D., RIBEIRO, A.F., SAN VITO, E., ROSSI, L.G., BERCHIELLI, T.T. Effect of starch-based supplementation level combined with oil on intake, performance, and methane emissions of growing Nellore bulls on pasture. **Journal of Animal Science**, v.93, n.5, p.2275-2284. 2015.

LANCASTER, P.A., CARSTENS, G.E., CREWS, D.H. JR., WELSH, T.H. JR., FORBES, T.D.A., FORREST, D.W., TEDESCHI, L.O., RANDEL, R.D., ROUQUETTE, F.M. Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake with performance

and ultrasound carcass traits in Brangus heifers. **Journal of Animal Science**. v. 87, p. 3887-3896, 2009.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E COMUNICAÇÕES – MCTI. **Relatório de Gestão do Exercício de 2016**. 865p. Disponível em: <https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/transparencia/arquivos/Relatorio-de-Gestao-2016.pdf>. Acesso em: 20 dez 2018.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds using refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217–1240. 2002.

MOTT, G.O., LUCAS, H.L. The design conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: International Grassland Congress, 6, 1952, Pennsylvania. **Proceedings ...** Pennsylvania State College, p.1380-1395. 1952.

OLIVEIRA, P.P.A., TRIVELIN, P.C.O., OLIVEIRA, W.S. Balanço de nitrogênio (^{15}N) da uréia nos componentes de uma pastagem decapim-marandu sob recuperação em diferentes épocas de calagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 06, p. 1982-1989, 2007.

PRIMAVESI, O., FRIGUETTO, R.T.S., PEDREIRA, M.S., LIMA, M.A., BERCHIELLI, T.T., DEMARCHI, J.J.A.A., MANELA, M.Q., BARBOSA, P.F., JOHNSON, K.A., WESTBERG, H.H. **Técnica do gástrador SF₆ para medição de campo do metano ruminal em bovinos: adaptações para o Brasil**. São Carlos: EMBRAPA – Pecuária Sudeste, 74 p. 2004, (Documentos, 39).

REYNOLDS, C.K., CROMPTON, L.A., MILLS, J.A. Improving the efficiency of energy utilization in cattle. **Animal Production Science**, v.51, n.1, p.6-12, 2011.

SAN VITO, E., LAGE, J.F., MESSANA, J.D., DALLANTONIA, E.E., FRIGHETTO, R.T.S., REIS, R.A., JOSÉ NETO, A., BERCHIELLI, T.T. Performance and methane emissions of grazing Nellore bulls supplemented with crude glycerin. **Journal of Animal Science**, v.94, n.11, p.4728-4737, 2016.

SOLLENBERGER, L.E., CHERNEY, D.J.R. **Evaluating forage production and quality**. The Science of Grassland Agriculture. Ames: Iowa State University Press, pp. 97-110, 1995.

TAMMINGA, S. **Relation between different carbohydrates and microbial synthesis of protein**. Rep num. 130. Institute for Livestock Feeding and Nutrition, Lelystad, pp.31, 1979.

VALENTE, T.N.P., DETMANN, E., QUEIROZ, A.C., VALADARES FILHO, S.C., GOMES, D.I., FIGUEIRAS, J.F. Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2565–2573. 2011.