

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

**AVALIAÇÃO DO EFEITO MITIGADOR DE METANO  
ENTÉRICO EM PASTAGENS DE CAPIM-MARANDU  
CONSORCIADAS COM AMENDOIM FORRAGEIRO OU  
ADUBADAS COM FERTILIZANTE NITROGENADO**

**Andressa Scholz Berça**

Engenheira Agrônoma

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

**AVALIAÇÃO DO EFEITO MITIGADOR DE METANO  
ENTÉRICO EM PASTAGENS DE CAPIM-MARANDU  
CONSORCIADAS COM AMENDOIM FORRAGEIRO OU  
ADUBADAS COM FERTILIZANTE NITROGENADO**

**Andressa Scholz Berça**

**Orientadora: Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri**

**Coorientador: Dr. Abmael da Silva Cardoso**

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

**2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

B485a Berça, Andressa Scholz  
Avaliação do efeito mitigador de metano entérico em pastagens de capim-marandu consorciadas com amendoim forrageiro ou adubadas com fertilizante nitrogenado / Andressa Scholz Berça. -- Jaboticabal, 2018

viii, 155 p. :il ; 29cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018

Orientadora: Ana Cláudia Ruggieri

Coorientador: Abmael da Silva Cardoso

Banca examinadora: Ricardo de Andrade Reis, Alexandre Berndt

Bibliografia

1. *Arachis pintoii*. 2. Valor nutritivo. 3. Consumo. 4. Digestibilidade. 5. EUN. 6. Ureia. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.34:631.54

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Jaboticabal/SP - Karina Gimenes Fernandes - CRB 8/7418



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO DO EFEITO MITIGADOR DE METANO ENTÉRICO EM PASTAGENS DE CAPIM-MARANDU CONSORCIADAS COM AMENDOIM FORRAGEIRO OU ADUBADAS COM FERTILIZANTE NITROGENADO

**AUTORA: ANDRESSA SCHOLZ BERÇA**  
**ORIENTADORA: ANA CLÁUDIA RUGGIERI**  
**COORIENTADOR: ABMAEL DA SILVA CARDOSO**

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

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

  
Prof. Dr. RICARDO ANDRADE REIS  
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

  
Pesquisador Dr. ALEXANDRE BERNDT  
EMBRAPA-Pecuária Sudeste / São Carlos - SP

Jaboticabal, 10 de dezembro de 2018

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**ANDRESSA SCHOLZ BERÇA** – Nascida na cidade de São Paulo – SP, no dia 9 de fevereiro de 1994, filha de Pedro José de Berça e Myriam Cristina Scholz Berça. Em março de 2012 ingressou no curso de Engenharia Agrônômica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, câmpus de Araras-SP, graduando-se em julho de 2016. Em agosto de 2016 ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, na área de forragicultura e pastagens, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, câmpus de Jaboticabal-SP, sob orientação da Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri e coorientação do Dr. Abmael da Silva Cardoso. Em 9 de agosto de 2018 submeteu-se ao exame de qualificação de mestrado, tendo sido aprovada pela comissão examinadora. Em seguida, no período entre agosto e outubro de 2018, realizou seu estágio de treinamento na Texas A&M University – College Station, Texas, sob orientação do Prof. Dr. Luís Orlindo Tedeschi.

## EPÍGRAFE

*“Mesmo quando tudo parece desabar, cabe a mim decidir entre rir ou chorar, ir ou ficar, desistir ou lutar; porque descobri, no caminho incerto da vida, que o mais importante é o decidir.”*

Cora Coralina

*“Somos mais fortes do que pensamos e às vezes é preciso uma prova de fogo para nos fazer descobrir nosso poder de superação”*

Autor desconhecido

## DEDICATÓRIA

*À minha família, em especial aos meus pais, Pedro e Myriam, e à minha irmã Jacqueline, pelo amor, dedicação, confiança e apoio incondicionais em todos os sentidos e momentos, e imprescindíveis para que eu chegasse a esta etapa da minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu agradeço à Deus, por iluminar os meus caminhos, por ter me provado inúmeras vezes que está ao meu lado, por me proteger e livrar de todo e qualquer mal e, principalmente, por ter me dado forças para continuar a batalha mesmo quando tudo parecia ser o fim. Obrigada por ter me capacitado e me dado sabedoria para alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, Pedro e Myriam, por todo o amor, carinho, dedicação e confiança em todos os momentos de minha vida. Obrigada por me ensinarem o significado de família, por terem investido na minha educação, por me apoiarem em todas as minhas escolhas, por me incentivarem a ir em busca de meus sonhos e objetivos e principalmente por me ajudarem a chegar onde cheguei. Obrigada por serem a minha base e o meu porto seguro.

À minha querida irmã, Jacqueline, por estar sempre conectada a mim independente da distância. Obrigada pelo amor, cumplicidade, conselhos e por ser minha melhor amiga.

Às minhas avós, Maria Helena (*in memoriam*) e Myriam, que me deram todo o amor do mundo e proporcionaram os melhores momentos da minha vida, que jamais serão esquecidos. Serei eternamente grata por terem me criado e me ensinado o que é amar.

À toda a minha família, meus tios e tias, primos e primas, pelo amor, carinho e por torcerem sempre por mim.

Ao Diego, meu namorado, por todo o carinho, amor, apoio, paciência e por sua enorme capacidade de me fazer feliz e de me incentivar a ir em busca dos meus sonhos. Obrigada por estar comigo em todos os momentos, inclusive nos mais difíceis, por cuidar e me ajudar a enfrentar e superar os meus medos e inseguranças.

À minha querida orientadora Ana Cláudia, não só por exercer o seu papel de professora, como pela amizade, pelo carinho de mãe, conselhos, apoio e por ter me proporcionado tantos ensinamentos e oportunidades de crescimento pessoal e profissional. Obrigada pela confiança em mim e no meu trabalho.

Ao meu coorientador Abmael, por desde o primeiro momento ter me acolhido e acreditado no meu potencial, mesmo quando eu ainda parecia estar totalmente



perdida. Obrigada por ter me ensinado tanto e com tanta dedicação, por confiar e sempre me incentivar e ajudar a conquistar mais e mais. Como sempre falei, obrigada por existir na minha vida.

À minha companheira de experimento, Vanessa, por não apenas ter dividido o trabalho comigo, mas por toda a amizade e companheirismo. Obrigada por estar ao meu lado em todos momentos, inclusive quando tudo parecia estar desabando (literalmente). Obrigada por me ajudar a continuar sempre de cabeça erguida, até mesmo correndo atrás de vacas, consertando cercas em pleno sol ou me dando a mão para levantar de um tombo. Obrigada por ter feito este experimento dar tão certo.

À minha melhor amiga de infância, Hanna, por estar há 18 anos ao meu lado, pela cumplicidade, carinho e apoio sempre.

À minha amiga mineirinha Mariane, por fazer dos meus dias os mais divertidos e por me trazer alegria. Obrigada pela ajuda no experimento, pelo companheirismo e por me acolher como uma irmã.

À Thaís, pela amizade e por ter me ajudado a conduzir a etapa final do experimento com o manejo das novilhas e análises laboratoriais.

A todos os estagiários do setor de Forragicultura e Pastagens, especialmente à Paula, Felipe e Victor, que ajudaram a conduzir o experimento.

Ao pesquisador Dr. Robert Michael Boddey, da Embrapa Agrobiologia, responsável pelo projeto Pegasus, e à toda sua equipe, especialmente à Dra. Isabel das Neves Oiticica de Carvalho.

Ao Prof. Ricardo Reis por ter contribuído generosamente para minha formação profissional através de suas excelentes disciplinas e sugestões construtivas ao meu trabalho, e à sua equipe, especialmente ao Erick e Rhaony por terem me ajudado com o manejo das novilhas, e à Débora e Natália (Fiona), por terem me ajudado com as cangas e coletas de metano.

Ao Prof. Euclides, por toda a disposição e colaboração com a estatística do meu trabalho desde o início e pelo conhecimento transmitido em sua disciplina.

Ao Dr. Alexandre Berndt e ao seu coorientado Paulo de Meo, por terem me auxiliado com a metodologia do metano entérico e por estarem sempre à disposição para ajudar.

Ao Prof. Luis Tedeschi, por ter me dado a grande oportunidade de fazer o intercâmbio na Texas A&M University e contribuído para meu crescimento profissional.

Aos funcionários da fazenda (FEPE/FCAV), Renato, Uanderson, Fernando, Arnaldo, Júlio, Michael, Sr. Adeir e Abimael, por terem ajudado a reestruturar o setor com cercas e feito todos os serviços agrícolas necessários para a condução adequada do experimento.

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

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos e recursos necessários para a condução do experimento.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT .....	vi
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. Revisão de literatura .....	1
2. Referências bibliográficas .....	18
CAPÍTULO 2 – MASSA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA FORRAGEM EM PASTAGENS DE CAPIM-MARANDU CONSORCIADAS COM AMENDOIM FORRAGEIRO OU ADUBADAS COM FERTILIZANTE NITROGENADO .....	32
1. Introdução.....	32
2. Material e métodos .....	37
2.1. Caracterização do local de origem dos dados.....	37
2.2. Delineamento experimental e tratamentos .....	38
2.3. Implantação das pastagens.....	38
2.4. Manejo das pastagens e animais .....	39
2.5. Amostragem e análises .....	40
2.5.1. Taxa de acúmulo de forragem .....	40
2.5.2. Desaparecimento de forragem .....	41
2.5.3. Massa de forragem, composição morfológica e botânica .....	41
2.5.4. Composição química da forragem.....	42
2.6. Análise estatística das variáveis avaliadas.....	44
3. Resultados e discussão .....	45
3.1. Massa de forragem.....	45
3.2. Composição botânica dos pastos consorciados.....	49
3.3. Composição morfológica dos pastos.....	52

3.4. Taxa de acúmulo, desaparecimento e composição química de forragem.....	58
3.5. Frações fibrosas da forragem.....	64
3.6. Fracionamento de carboidratos da forragem.....	67
3.7. Fracionamento de proteína da forragem .....	71
4. Conclusões .....	78
5. Referências bibliográficas .....	79
CAPÍTULO 3 – AVALIAÇÃO DO EFEITO MITIGADOR DE METANO ENTÉRICO EM PASTAGENS DE CAPIM-MARANDU CONSORCIADAS COM AMENDOIM FORRAGEIRO OU ADUBADAS COM FERTILIZANTE NITROGENADO .....	
1. Introdução.....	97
2. Material e métodos .....	102
2.1. Caracterização do local de origem dos dados.....	102
2.2. Delineamento experimental e tratamentos .....	103
2.3. Implantação das pastagens.....	103
2.4. Manejo das pastagens e animais .....	104
2.5. Amostragem e análises .....	106
2.5.1. Massa de forragem .....	106
2.5.2. Composição química da forragem.....	107
2.5.3. Produção fecal dos animais .....	108
2.5.4. Proporção de leguminosas na composição da dieta.....	108
2.5.5. Digestibilidade e consumo de matéria seca .....	109
2.5.6. Emissão de metano entérico dos animais.....	109
2.5.7. Produção de urina dos animais e balanço de nitrogênio.....	111
2.6. Análise estatística das variáveis avaliadas.....	112
3. Resultados e discussão .....	114
3.1. Massa da forragem.....	114
3.2. Composição química da forragem.....	118

<b>3.3. Emissão de metano entérico dos animais .....</b>	<b>124</b>
<b>3.4. Derivados de purina .....</b>	<b>129</b>
<b>3.5. Eficiência do uso de nitrogênio.....</b>	<b>132</b>
<b>4. Conclusões .....</b>	<b>137</b>
<b>5. Referências bibliográficas .....</b>	<b>138</b>



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Câmpus de Jaboticabal



## CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

### CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 10356/14 do trabalho de pesquisa intitulado **"Pastagem de capim-marandu manejada com fertilizante nitrogenado ou em consórcio com leguminosa na mitigação de gases de efeito estufa"**, sob a responsabilidade da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Cláudia Ruggieri está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 07 de julho de 2014.

Jaboticabal, 07 de julho de 2014.

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Paola Castro Moraes**  
Coordenadora – CEUA

## **AVALIAÇÃO DO EFEITO MITIGADOR DE METANO ENTÉRICO EM PASTAGENS DE CAPIM-MARANDU CONSORCIADAS COM AMENDOIM FORRAGEIRO OU ADUBADAS COM FERTILIZANTE NITROGENADO**

**RESUMO** - O setor agropecuário consiste em um pilar da economia nacional, no entanto está entre os principais responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE) no mundo, contribuindo com 38% de metano (CH<sub>4</sub>) proveniente da fermentação entérica. Frente a essa situação, o desafio no sistema produtivo de ruminantes é desenvolver dietas e estratégias de manejo que minimizem a produção de CH<sub>4</sub>, de modo a reduzir os impactos do aquecimento global e aumentar a eficiência produtiva dos pastos e dos animais. O estudo teve como objetivo avaliar a produção de massa, a composição química, o consumo, a digestibilidade, o balanço de nitrogênio (N) e a emissão de CH<sub>4</sub> entérico por novilhas leiteiras mestiças mantidas em pastos de capim-marandu, fertilizados com N ou em consórcio com amendoim forrageiro. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 3 tratamentos e 7 repetições para as variáveis relacionadas ao animal e 4 para as variáveis relacionadas à forragem. Os tratamentos constaram de pastos de capim-marandu sem fonte nitrogenada (controle), fertilizados com ureia (adubado) e em consórcio com amendoim forrageiro (consorciado). Os dados foram coletados durante os períodos experimentais da estação chuvosa de dois anos de avaliação (2016/2017 e 2017/2018). O consórcio de capim-marandu com amendoim forrageiro e a adubação nitrogenada em pastos de capim-marandu não mitigaram a emissão de CH<sub>4</sub> entérico por novilhas mestiças. A adubação nitrogenada aumentou o valor nutritivo da forragem, por aumentar o teor de proteína bruta e as frações B1+B2 de proteína e reduzir os teores de FDN e da fração proteica C, além de proporcionar maior massa, taxa de acúmulo e oferta de forragem e de folhas aos pastos de capim-marandu. A introdução de leguminosas no sistema, por sua vez, aumentou a proteína bruta e a fração A da forragem e reduziu a B3, bem como aumentou a oferta de folhas aos animais e a taxa de acúmulo de forragem. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos no consumo, digestibilidade da matéria seca e na eficiência de uso de nitrogênio (EUN) pelos animais.

**Palavras-chave:** *Arachis pintoj*, valor nutritivo, consumo, digestibilidade, EUN, ureia.

## EVALUATION OF THE ENTERIC METHANE MITIGATION EFFECT ON MARANDU GRASS PASTURE, INTERCROPPED WITH FORAGE PEANUT OR FERTILIZED WITH NITROGEN

**ABSTRACT** - The agricultural sector is a pillar of the Brazilian economy, but it also serves as one of the main causes of emissions of greenhouse gases (GHG) in the world, contributing 38% of methane (CH<sub>4</sub>) from enteric fermentation. Faced with this situation, the challenge in the ruminant production system is to develop diets and management strategies that minimize CH<sub>4</sub> production in order to reduce the impacts of global warming and increase the productive efficiency of pastures and animals. The objective of the study was to evaluate the forage mass production, chemical composition, intake, digestibility, balance of nitrogen (N) and enteric CH<sub>4</sub> emission by crossbred dairy heifers kept in marandu grass pastures fertilized with N or mixed with forage peanut. The experiment was conducted in a completely randomized design with three treatments containing seven replications for variables related to the animals and four replications for variables related to the forage. The treatments consisted of pastures of marandu grass without nitrogen source (control), fertilized with urea (fertilized), and marandu grass mixed with forage peanut (mixed). Data were collected during two experimental periods consisting of the 2016/2017 and the 2017/2018 rainy seasons. The mixed and fertilized pastures did not mitigate enteric CH<sub>4</sub> emission in crossbred heifers. Nitrogen fertilization did however increase the forage nutritive value as shown by increased values of crude protein, and B1 + B2 protein fraction, and a reduced NDF and protein fraction C. Additionally, nitrogen fertilization of marandu grass pastures provided a higher forage mass, accumulation rate, and allowances of forage and leaves. The introduction of legumes to the system, represented as the mixed treatment, increased the crude protein and the fraction A of the forage but reduced the B3 fraction. It also increased the supply of leaves to the animals and the forage accumulation rate. There were no significant differences between the treatments for intake, dry matter digestibility, and the efficiency of N use (ENU) by the heifers.

**Keywords:** *Arachis pintoj*, nutritive value, intake, digestibility, ENU, urea.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Produção dos principais AGCC. Adaptado de Van Soest (1994).....	2
<b>Figura 2.</b> Dados climáticos durante o período experimental, em Jaboticabal-SP.....	37
<b>Figura 3.</b> Composição botânica de capim-marandu consorciado com amendoim forrageiro nas condições pré e pós pastejo.....	50
<b>Figura 4.</b> Composição morfológica de pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha <sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle) nas condições pré-pastejo. Médias dos dois anos experimentais.....	52
<b>Figura 5.</b> Composição morfológica de pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha <sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle) nas condições pós-pastejo. Médias dos dois anos experimentais.....	53
<b>Figura 6.</b> Dados climáticos durante o período experimental, em Jaboticabal-SP...	102

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Emissões de CH <sub>4</sub> entérico em trabalhos publicados no Brasil para bovinos de corte .....	3
<b>Tabela 2.</b> Análise química do solo de pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha <sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro ou sem adubação nitrogenada (controle) (2017).....	39
<b>Tabela 3.</b> Massa de forragem, oferta de forragem e taxa de lotação em pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha <sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de 2 anos de avaliação de 5 ciclos de pastejo (n = 40) .....	45
<b>Tabela 4.</b> Composição morfológica de pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha <sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de 2 anos de avaliação de 5 ciclos de pastejo .....	53
<b>Tabela 5.</b> Taxa de acúmulo de forragem, desaparecimento e composição química de pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha <sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de 2 anos de avaliação de 5 ciclos de pastejo (n = 40) .....	58
<b>Tabela 6.</b> Constituintes da fibra da forragem em pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha <sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de 2 anos de avaliação de 5 ciclos de pastejo (n = 40) .....	64
<b>Tabela 7.</b> Fracionamento de carboidratos e nutrientes digestíveis totais de pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha <sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de 2 anos de avaliação de 5 ciclos de pastejo (n = 40) .....	68
<b>Tabela 8.</b> Fracionamento de proteína de pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha <sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de 2 anos de avaliação de 5 ciclos de pastejo .....	71
<b>Tabela 9.</b> Análise química do solo de pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha <sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro ou sem adubação nitrogenada (controle) (2017).....	104
<b>Tabela 10.</b> Alturas pré-pastejo (cm) em pastos de capim-marandu adubados com N, consorciados com amendoim forrageiro ou sem fonte nitrogenada (controle) .....	105
<b>Tabela 11.</b> Massa de forragem e composição química do pastejo simulado de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha <sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de 2 anos de avaliação. ....	114
<b>Tabela 12.</b> Emissão de metano por novilhas leiteiras recriadas em pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha <sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de dois anos de avaliação (n = 28) .....	125
<b>Tabela 13.</b> Derivados de purina de novilhas leiteiras recriadas em pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha <sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de dois anos de avaliação (n = 28) .....	130
<b>Tabela 14.</b> Eficiência de uso de nitrogênio por novilhas leiteiras recriadas em pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha <sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de dois anos de avaliação. (n = 28) .....	132

## CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

### 1. REVISÃO DE LITERATURA

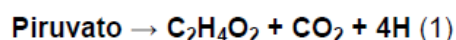
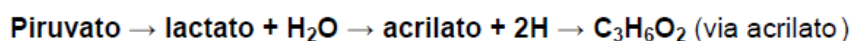
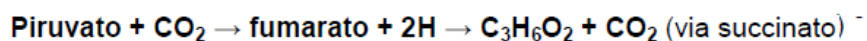
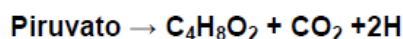
#### Produção de metano entérico por ruminantes

Os ruminantes apresentam um sistema digestório peculiar, constituído por quatro compartimentos: retículo, rúmen, omaso e abomaso. O rúmen, em especial, consiste em uma câmara anaeróbia fermentativa que permite o aproveitamento de alimentos fibrosos (parte da parede celular de vegetais), e o nitrogênio não proteico como fontes de nutrientes. Isso ocorre devido à relação simbiótica entre o hospedeiro e a microbiota ruminal, na qual o animal fornece o alimento e o ambiente favorável ao crescimento dos micro-organismos e estes, por sua vez, suprem o hospedeiro com proteína microbiana e ácidos orgânicos resultantes da fermentação (KAMRA, 2005).

O metano (CH<sub>4</sub>) consiste em um subproduto da fermentação entérica de ruminantes, removido do rúmen por expiração ou eructação (MOSS et al., 2000; BEAUCHEMIN et al., 2008). No ambiente ruminal, o CH<sub>4</sub> é gerado anaerobicamente por micro-organismos metanogênicos do domínio *Archaeobacteria* (MOSS, 1993) e sua produção é modulada principalmente pela presença de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e hidrogênio (H<sub>2</sub>) livres, ocorrendo a redução destes gases à CH<sub>4</sub> e água (H<sub>2</sub>O) (BEAUCHEMIN et al., 2008) (Equação 1).



Quando o alimento (substrato) é incubado no rúmen, os micro-organismos imediatamente iniciam a fermentação entérica. Nesse processo, os carboidratos provenientes das plantas (celulose, hemicelulose, pectina, amido e açúcar) são convertidos à piruvato que, posteriormente, segue as rotas metabólicas para formação de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), sendo o ácido acético, o propiônico e o butírico os predominantes no ambiente ruminal. A produção de H<sub>2</sub> está diretamente relacionada à rota metabólica dos carboidratos, isto é, à proporção relativa dos principais AGCC produzidos (MAYNARD et al., 1984; MACKIE et al., 2002) (Figura 1).

**Acetato:****Propionato:****Butirato:**

**Figura 1.** Produção dos principais AGCC. Adaptado de Van Soest (1994).

De acordo com Pedreira & Primavesi (2006), as reações envolvidas na formação de acetato e butirato são interrelacionadas e interconectivas, ocorrendo a partir da acetilCoA. Por outro lado, a formação do propionato possui duas vias de reação, sendo que na primeira há formação de oxaloacetato e succinato, e na segunda há formação de acrilato.

Neste contexto, dietas ricas em fibras, como os volumosos, utilizam a rota de produção de acetato e butirato, proporcionando maior desenvolvimento de bactérias celulolíticas, o que promove excesso de H<sub>2</sub> no rúmen e, conseqüentemente, maior produção de CH<sub>4</sub> entérico. Em contrapartida, animais consumindo dietas ricas em grãos, como os concentrados contendo amido, propiciam maior produção de propionato, não eliminando H<sub>2</sub> no rúmen no final do processo. Isso ocorre devido à rápida taxa de fermentação dos carboidratos não estruturais (CNE) e à queda do pH ruminal (NELSON & MOSER, 1994).

A remoção do H<sub>2</sub> proveniente da atividade microbiológica do rúmen sobre os componentes dietéticos consiste em um fator essencial para o crescimento microbiano e para a degradação da matéria orgânica, visto que seu acúmulo inibe os sistemas enzimáticos e a regulação do pH ruminal. Portanto, a produção de CH<sub>4</sub> se traduz em uma rota dissipadora dos íons H<sup>+</sup> do rúmen para que este se mantenha em condições ótimas e garanta que os processos de fermentação ruminal e crescimento microbiano ocorram adequadamente (JOHNSON & JOHNSON, 1995).

### Metano entérico como perda de energia

Embora a metanogênese seja fundamental para o adequado funcionamento do sistema digestivo dos ruminantes, este processo resulta em perda de energia bruta ingerida (EBI) (JOHNSON & JOHNSON, 1995). À medida que se eleva a produção de CH<sub>4</sub>, aumentam-se as perdas de carbono (C), diminuindo a eficiência de uso da energia de origem alimentar e do desempenho animal (COTTON & PIELKE, 1995). Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006), em dietas com mais de 90% de concentrado, a taxa de conversão de CH<sub>4</sub> (Y<sub>m</sub>) é próxima a 3% da EBI; em dietas com menos de 90% de concentrado, 6,5% da EBI e em dietas fibrosas, essa perda pode variar de 6 a 8%. No entanto, estudos recentes têm encontrado valores diferentes desses (Tabela 1).

**Tabela 1.** Emissões de CH<sub>4</sub> entérico em trabalhos publicados para bovinos de corte.

Autor	Tipo de animal	Peso médio	Dieta	kg CH <sub>4</sub> /animal/ano	Y <sub>m</sub> *
BARBERO et al. (2015)	Novilhos Nelore	335 ± 6,3 kg	Altura de pastejo: 15 cm	47,09	5,0
			Altura de pastejo: 25 cm	48,18	4,6
			Altura de pastejo: 35 cm	44,90	4,1
			15 cm + alta suplementação <sup>1</sup> (0,6% PC)	41,98	3,7
			25 cm + média suplementação (0,3% PC) <sup>2</sup>	48,18	4,6
		336 ± 5,7 kg	35 cm sem suplementação	69,35	6,8
JOSE NETO et al. (2015)	Novilhos Nelore 15 meses	251 ± 27 kg	Alto amido com óleo	42,97	3,4
			Alto amido sem óleo	46,58	4,4
			Baixo amido com óleo	41,83	3,4
			Baixo amido sem óleo	43,97	3,5
ROSSI et al. (2017)	Novilhos Nelore 20 ± 3 meses	395 ± 32 kg	Com soja	43,4	3,5
			Sem soja	60,0	4,5
			Com amido	51,4	3,8
			Sem amido	51,9	4,3
SAN VITO et al. (2016)	Novilhos Nelore 17 ± 2 meses	427 ± 19,4 kg	0 g/kg PC suplemento <sup>3</sup>	45,8	3,4
			70 g/kg PC suplemento	52,4	3,9
			140 g/kg PC suplemento	50,1	3,9
			210 g/kg PC suplemento	51,9	4,1
			280 g/kg PC suplemento	44,2	3,5

\*Y<sub>m</sub>: taxa de conversão CH<sub>4</sub> (% da EBI convertida a CH<sub>4</sub>); <sup>1</sup> Suplemento com 142 g PB/kg e 18,9 MJ EB/kg MS; <sup>2</sup> Suplemento com 161 g PB/kg e 20,1 MJ EB/kg MS; <sup>3</sup> Suplemento com glicerina bruta em diferentes proporções.

### **Fatores que afetam a produção de metano entérico**

A produção do CH<sub>4</sub> entérico é diretamente influenciada pela quantidade e qualidade da dieta ingerida, pelas condições da fermentação ruminal e pelas características dos animais, como nível de produção, condições fisiológicas e manejo adotado (JOHNSON & JOHNSON, 1995; RUGGIERI & CARDOSO, 2017).

No que se refere à qualidade da dieta, o consumo de matéria seca (MS), a proporção de concentrados, a composição bromatológica e a taxa de degradação das frações do alimento são fatores de grande influência na metanogênese (JOHNSON & JOHNSON, 1995). De maneira geral, quanto maior o consumo, maior a produção de CH<sub>4</sub> por animal, porém menor a produção em gramas de CH<sub>4</sub> por quilo de MS ingerida, em virtude do aumento da passagem de alimento não digerido para o intestino delgado (HEGARTY et al., 2007; LANCASTER et al., 2009).

O tipo de carboidrato fermentado também influencia a produção de CH<sub>4</sub>, uma vez que afeta diretamente a composição microbiana e o pH ruminal. Neste sentido, a fermentação da fibra proporciona maior relação de ácido acético:propiónico, aumentando a produção do gás (PIRES SOBRINHO, 2014), ou seja, quanto menos substrato fermentável, menor a produção de CH<sub>4</sub> (TAMMINGA et al., 2007).

### **Estratégias de mitigação de metano entérico**

De acordo com o relatório do IPCC (2014), o CH<sub>4</sub> é considerado o gás de efeito estufa (GEE) de segunda maior contribuição para o aquecimento global (16%), logo depois do CO<sub>2</sub> (65%). Neste sentido, algumas estratégias podem ser utilizadas para sua mitigação, de modo a reduzir a contribuição negativa da pecuária para o aquecimento global e aumentar a eficiência zootécnica e produtiva dos animais.

De maneira geral, as indicações para redução da produção de CH<sub>4</sub> englobam medidas que refletem no melhor desempenho animal e resultam em ciclos de produção mais curtos. Tais estratégias incluem a melhoria da composição e qualidade dos pastos e da dieta, através da redução da parede celular e do aumento dos teores de proteína e carboidratos solúveis (não fibrosos), por exemplo (CLARK et al., 2001), a melhoria da genética animal, a redução do rebanho, a suplementação alimentar e o aumento da capacidade produtiva dos animais (COTTLE et al., 2011).

Como já citado anteriormente, o fornecimento de alimentos concentrados reduz a emissão de CH<sub>4</sub>, visto que direciona a rota da fermentação para produção de propionato (LONGO, 2006). Além disso, o uso de substâncias como aditivos, ácidos orgânicos, leveduras e extrato de plantas, como o tanino e a saponina, também auxiliam na redução da metanogênese ruminal.

O tanino consiste em um metabólito secundário presente em algumas espécies de plantas do tipo C<sub>3</sub>, geralmente associado a fatores antinutricionais. Quando presente em altas concentrações na dieta, entre 5 e 10% da MS, pode reduzir o consumo, a digestibilidade e a retenção de nitrogênio (N) (McDONALD et al., 1995; WOODWARD et al., 2001; MAKKAR, 2003; MIN et al., 2003). No entanto, quando em doses baixas, melhora o aproveitamento da proteína dietética, diminui o parasitismo por helmintos (PAULINO et al., 2012) e, especialmente, modifica a fermentação ruminal, reduzindo a metanogênese (HESS et al., 2003; CARULLA et al., 2005; LONGO, 2006; WAGHORN, 2008; MARTIN et al., 2010), além de conferir proteção parcial da proteína contra a rápida degradação pelos micro-organismos do rúmen (FRUTOS et al., 2002; MOUJAHED et al., 2005; GUIMARÃES-BEELEN et al., 2006).

Outras estratégias de mitigação do CH<sub>4</sub> que induzem às rotas alternativas de utilização do H<sub>2</sub> ou redução da produção de H<sub>2</sub> incluem o uso de ionóforos, probióticos acetogênicos, sais de nitrato ou de sulfato, vacinação contra metanogênicas ruminais (MOHAMMED et al., 2004), e o fornecimento de lipídeos insaturados (WADA et al., 2008).

### **O papel das forragens na mitigação de CH<sub>4</sub> entérico**

Diante da grande importância da pecuária na economia do Brasil desenvolvida principalmente em sistemas extensivos, o maior desafio na nutrição dos ruminantes consiste em aumentar o desempenho e produção animal e, ao mesmo tempo, reduzir os impactos ambientais gerados pela atividade (REIS et al., 2018).

Nos sistemas das pastagens, as forragens constituem importantes fontes de nutrientes aos ruminantes, fornecendo proteína, energia e fibra necessária para promover condições adequadas ao funcionamento ruminal e se tornam vantajosas por apresentarem baixo custo de produção, capacidade de oferecer melhores condições de sanidade e conforto animal, além da capacidade de sequestro de C atmosférico,

reduzindo as emissões de GEE por quilo de carne ou de leite produzido (ZEN et al., 2008).

Os carboidratos são os principais constituintes das plantas forrageiras (50-80% da MS) e estão divididos em carboidratos não estruturais, que são aqueles presentes no conteúdo celular como glicose, amido e frutose, e em carboidratos estruturais, encontrados na parede celular, como a pectina, hemicelulose e celulose. Segundo Van Soest (1994), estes são os componentes mais importantes na determinação do valor nutritivo das forragens. Para o mesmo autor, a fibra está associada à baixa digestibilidade e a quantidade e frações que a compõem afetam o volume físico ocupado no rúmen, influenciando, conseqüente e diretamente, a ingestão e o desempenho animal.

Além das fibras, analisadas e classificadas bromatologicamente como fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), outras variáveis como o teor de proteína bruta (PB) e a digestibilidade também assumem importância na análise qualitativa da forragem, visto que influenciam direta ou indiretamente o consumo voluntário de MS e, conseqüentemente, a produção animal (VAN SOEST, 1994).

No cenário dos sistemas extensivos tropicais, os bovinos têm a produção de CH<sub>4</sub> entérico afetada por fatores como a constituição morfológica e química das plantas forrageiras e a temperatura ambiental. A temperatura pode exercer influência na metanogênese tanto diretamente, através de alterações no comportamento ingestivo e digestivo do animal, quanto indiretamente, mediante interferência na composição química e digestibilidade das plantas (ASSOUMAYA et al., 2007; HOOK et al., 2010).

Segundo Pedreira et al. (2009), os principais fatores envolvidos na produção de CH<sub>4</sub> incluem a relação parede: conteúdo celular e a constituição da parede celular e, neste sentido, existem comportamentos diferentes entre plantas forrageiras de clima tropical (C<sub>4</sub>) e de clima temperado (C<sub>3</sub>).

As gramíneas C<sub>4</sub> geralmente apresentam maiores proporções de fibras em relação às C<sub>3</sub>, visto que possuem maior taxa e grau de deposição de lignina nos tecidos vegetais (KENNEDY & CHARMLEY, 2012) e, desta forma, além de alterarem o consumo e digestibilidade da planta, favorecem a fermentação acética, resultando



em maior produção de CH<sub>4</sub> (BEAUCHEMIN et al., 2008). No entanto, tais plantas fornecem menor quantidade de substrato para os micro-organismos metanogênicos pelo fato de essa fibra apresentar baixa digestibilidade e menor velocidade de fermentação (PEDREIRA et al., 2009).

Em estudo realizado por Archimède et al. (2011) avaliando o efeito de gramíneas C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> e leguminosas de clima temperado e tropical na produção de CH<sub>4</sub> entérico, os autores verificaram que os ruminantes alimentados com gramíneas C<sub>4</sub> produzem 17% mais CH<sub>4</sub> que com gramíneas C<sub>3</sub> e 20% mais que com leguminosas de clima tropical. Nestas condições, ruminantes produzem 14% menos CH<sub>4</sub> do que quando consumindo leguminosas de clima temperado.

Como estratégia de mitigação do CH<sub>4</sub> entérico em sistemas extensivos, sugere-se que a escolha de forragens com alta concentração de carboidratos solúveis incluindo leguminosas compostas de metabólitos secundários, como os taninos, seja muito eficiente e que o fornecimento de forragens de alto valor nutritivo proporcione maior desempenho animal e reduza a produção de CH<sub>4</sub> por unidade de consumo de MS e de produto (LASCANO & CÁRDENAS, 2010) de até 10%, como verificado por Zen et al. (2008). Sauvant & Giger-Reverdin (2009) ressaltam que ruminantes alimentados com forragens ricas em carboidratos estruturais produzem mais CH<sub>4</sub> do que aqueles alimentados em dietas mistas contendo altos níveis de carboidratos não estruturais.

### **Consórcio de gramíneas tropicais e leguminosas**

A consorciação de gramíneas com leguminosas, neste contexto, surge como uma alternativa para redução dos impactos causados pela pecuária no ambiente. A prática permite elevar os índices zootécnicos em virtude da melhoria do valor nutritivo da dieta, bem como do aumento do consumo, proporcionado pelo aumento da oferta de forragem quando comparada aos pastos de gramíneas não adubadas, além de promover efeitos indiretos no ecossistema da pastagem relacionados à fixação biológica de N atmosférico (FBN) (OLIVEIRA et al., 2010). Em estudo realizado por Lascano & Ávila (1991) utilizando o consórcio de gramíneas com leguminosas, os autores verificaram incrementos de até 40% no consumo de forragem e no ganho de peso corporal, e de até 20% na produção de leite.

De acordo com Niderkorn & Baumont (2009), as alterações no consumo e digestibilidade induzidas pela introdução de leguminosas no sistema ocorrem devido ao aumento da ingestão, da digestão e às modificações nos processos digestivos do rúmen. O primeiro fator está correlacionado à rápida digestão da fração solúvel das leguminosas, aliada às maiores taxas de degradabilidade e passagem ruminal. O segundo, por sua vez, é mais evidente quando a gramínea do consórcio é de baixa qualidade, intensificando a atividade microbiana em função da elevação do aporte ruminal de N. O terceiro fator, por fim, está relacionado às alterações na síntese de proteína e na produção de CH<sub>4</sub> entérico devido à presença de metabólitos secundários das leguminosas, como os taninos e as saponinas.

Nas leguminosas, o N é absorvido do solo através do N<sub>2</sub> atmosférico e transformado em amônio (NH<sub>4</sub>) mediante o processo de FBN, caracterizado pela simbiose entre planta e bactérias, que estão alojadas nos nódulos radiculares (TAIZ & ZIEGER, 2004; SPRENT, 2007). Geralmente, essa associação é feita entre leguminosas e bactérias do gênero *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium* (TAIZ & ZIEGER, 2004) e a FBN é regulada principalmente por fatores inerentes à planta, como sinais químicos e hormonais, e fatores externos como a disponibilidade hídrica e o teor de oxigênio (FAGAN et al., 2007).

Estudos conduzidos por Cadish et al. (1994) e Thomas (1995) revelaram que leguminosas forrageiras podem proporcionar balanço de N positivo em áreas de pastagens. Em estudo com *Arachis pintoi* CIAT 17434 em dois solos da Colômbia, observou-se que esta espécie pode fixar até 80% de suas demandas nutricionais em N, da mesma maneira em que foi verificado nas espécies *Stylosanthes capitata* e *Centrosema acutifolium* (THOMAS et al., 1997). Desta forma, os autores concluíram que estas taxas podem ser consideradas padrões em consórcios sob condições de disponibilidade limitada de N do solo, porém sem limitações de nutrição e condições edafoclimáticas.

Neste sentido, a introdução de leguminosas se torna uma estratégia vantajosa uma vez que, devido ao aporte de N pela fixação biológica, diminui a utilização de fertilizantes nitrogenados, reduzindo as emissões de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O para a atmosfera e a energia fóssil utilizada na produção de alimentos e forragens (JENSEN et al., 2012). Além disso, estudos têm apresentado aumento na qualidade da forragem em

consórcio, em função do menor teor de fibra, maior teor de proteína bruta, maior taxa de passagem e, em alguns casos, da presença de taninos condensados, resultando em redução das emissões de CH<sub>4</sub> pelos ruminantes (BEAUCHEMIN et al., 2008; ARCHIMÈDE et al., 2011).

### **Fertilizantes nitrogenados**

Além do uso de leguminosas em consórcio com gramíneas tropicais para fixação de N atmosférico, outra alternativa, e a mais utilizada, consiste no uso de fertilizantes nitrogenados. A prática é largamente empregada para elevar a produção dos pastos (DE OLIVEIRA et al., 2004), uma vez que o N é o elemento que mais limita a produtividade da pastagem (BODDEY et al., 2004) e apresenta correlação positiva com o crescimento e quantidade de folhas, aumentando o valor nutritivo das forragens e a produção de MS (ANDRADE, 2013).

Os fertilizantes nitrogenados, no entanto, são oriundos de combustíveis fósseis e, desta forma, o uso excessivo resulta em impactos ambientais através da emissão de GEE, como o CO<sub>2</sub> e o N<sub>2</sub>O; do risco de contaminações de rios e lençóis freáticos devido à lixiviação do excesso de N presente ou não absorvido pelo solo, e também do alto custo energético necessário para sua produção, estimado entre 1 e 2% do consumo total de energia mundial (JENKINSON, 2001).

A eficiência da adubação nitrogenada depende de alguns fatores, como a época e parcelamento das aplicações e o manejo correto dos pastos, de tal forma que se possa aproveitar a forragem disponível, convertendo-a em produto animal (SOUZA, 2003). Aguiar (1998) alega que a adubação deve ser realizada quando houver equilíbrio entre os nutrientes do solo e na época das chuvas, parcelando as aplicações de modo a aumentar a eficiência de utilização pela planta e, conseqüentemente, a produção de forragem a partir do aumento no número e na massa de perfilhos.

Segundo Alexandrino (2000), o parcelamento da adubação nitrogenada em três aplicações no capim-marandu promove incremento linear nas taxas de aparecimento e alongamento foliar, no tamanho médio de folhas e na área foliar, proporcionando maior potencial de rebrota após desfolhação.

A fonte nitrogenada pode interferir sobre o resultado econômico da adubação nitrogenada de pastagens e, dentre os diversos produtos disponíveis no mercado,

destaca-se a ureia. Trata-se de um fertilizante proveniente da junção da amônia (NH<sub>3</sub>) e do CO<sub>2</sub> com posterior desidratação. Quando aplicada no solo, a ureia rapidamente sofre hidrólise pela ação da enzima urease, liberando NH<sub>3</sub> e CO<sub>2</sub> para a atmosfera (JENKINSON, 2001).

A ureia tem como vantagens o menor custo por quilograma de N, apresenta alta concentração de N (em média 45%), é de fácil manipulação e causa menor acidificação no solo, o que a torna potencialmente superior a outras fontes, do ponto de vista econômico. No entanto, apresenta maiores perdas de N por volatilização (PRIMAVESI et al., 2004).

### **Capim-marandu**

Nos últimos 30 anos, as gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria*, cujo nome foi modificado para *Urochloa* (TORRES GONZÁLES & MORTON, 2005), pertencentes à família Poaceae, alcançaram grande importância econômica no Brasil, na medida em que viabilizaram a atividade pecuária em solos fracos e ácidos dos Cerrados, criaram novos polos de desenvolvimento e colonização no Brasil Central e elevaram a produção por animal e por área, quando comparadas às espécies nativas das décadas de 70 e 80 (MACHADO et al., 2010). Além disso, a produção de sementes superior à 50 mil toneladas por ano tornou o país o maior exportador de sementes para a América Latina, alcançando faturamento de 600 milhões de dólares (SANTOS et al., 2014).

A introdução das espécies do gênero *Brachiaria* no Brasil se deu na década de 60 através da espécie *B. decumbens* cv. Basilisk, oriunda da África, e desde então as pesquisas se intensificaram e seu uso se expandiu nos trópicos, tornando-se a principal espécie forrageira do país. Na década de 70, houve a revolução da pecuária nacional alcançada pelo sucesso da então chamada “braquiariinha” nas áreas cultivadas, em virtude da agressividade na competição com plantas invasoras, da alta adaptabilidade aos solos pobres e ácidos, bem como do alto desempenho animal proporcionado pela gramínea em comparação às espécies nativas (KARIA et al., 2006).

Durante duas décadas, milhões de hectares foram formados por *B. decumbens* em monocultivo e, desta forma, alguns problemas começaram a aparecer, como a

infestação por cigarrinhas-das-pastagens; incidência de fotossensibilização principalmente em bezerros desmamados e a degradação das pastagens devido ao manejo inadequado, intensificando a demanda por novas variedades melhoradas e adaptadas (MACHADO et al., 2010).

Neste cenário, a *Brachiaria brizantha* [Hochst] Stapf. cv. Marandu foi liberada em 1984 pela Embrapa Gado de Corte em conjunto com a Embrapa Cerrados, substituindo gradualmente as pastagens de *B. decumbens* (NUNES et al., 1985). Estima-se que hoje cerca de 50% das áreas de pastagens cultivadas estejam ocupadas com esta gramínea na região Centro-Oeste (MACEDO, 2006) e 65% na região Norte do país (DIAS FILHO & ANDRADE, 2005).

De acordo com Pires (2006), a *B. brizantha* cv. Marandu, popularmente conhecida como capim-braquiarião, brizantão ou capim-marandu, tem origem na região de Zimbábue, na África do Sul e apresenta como características interessantes a alta produção de MS e de sementes, médio a alto valor nutritivo, resposta rápida à adubação, capacidade de rebrota, tolerância à seca, persistência, alta aceitabilidade pelos animais e de média a alta resistência à cigarrinha das pastagens. A produção média anual varia de 12 a 20 t MS/ha, com teor de PB entre 7 e 15% e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) entre 65 e 72% (COSTA et al., 2001). No entanto, geralmente apresenta baixa adaptação a solos mal drenados e média resistência às geadas (VALLE et al., 2000).

O capim-marandu consiste em uma planta cespitosa, muito robusta, podendo atingir de 1,5 a 2,5 m de altura. Apresenta colmos iniciais prostrados e produz perfilhos predominantemente eretos; possui rizomas muito curtos e encurvados, bainhas pilosas com cílios nas margens (NUNES et al., 1985).

Segundo Barnabé et al. (2007), o capim-marandu consiste em uma alternativa interessante de forragem de qualidade, desde que se supra a exigência nutricional da planta, com adubação e manejo adequados. Caso contrário, pode haver perda do valor nutritivo rapidamente, principalmente após a emissão do colmo floral.

### **Amendoim forrageiro**

Na última década, o *Arachis pintoii* (Krapov. & W.C. Gregory), comumente conhecido por amendoim forrageiro, vem merecendo grande atenção da pesquisa e

de empresas produtoras de semente. Trata-se de uma leguminosa perene, de hábito de crescimento prostrado, atingindo de 20 a 60 cm de altura e estolonífero (BALZON, 2006).

O *Arachis pintoii* pertence à família Fabaceae e tem seu crescimento no período da primavera, verão e parte do outono. As principais cultivares produzidas incluem Amarillo, Belmonte, Golden, Glory, Alquire 1, Porvernir e Atacambira (MACHADO et al., 2010).

O amendoim forrageiro em consórcio com gramíneas tropicais se torna uma opção vantajosa por apresentar características como a capacidade de produção mesmo sob altos níveis de sombreamento e alta capacidade adaptativa, na medida em que eleva suas folhas em longos pecíolos, permitindo a competição e sobrevivência quando em consórcio com as gramíneas, inclusive de porte alto e de rápido crescimento, como as dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* (LASCANO & THOMAS, 1988; VALENTIM et al., 2001; ANDRADE et al., 2012) e também por produzir estolões que protegem os pontos de crescimento, conferindo alta resistência à desfolha do pastejo e tolerância ao pisoteio (MACHADO et al., 2010).

De acordo com Gomes et al. (2018), o *Arachis pintoii* apresenta valor nutritivo superior em comparação às outras leguminosas forrageiras tropicais, com teores médios de 20% de PB, 43% de FDN e 68% de DIVMS em pastos consorciados com capim-marandu.

Alguns estudos demonstraram que o amendoim forrageiro é capaz de nodular e fixar N em simbiose com uma grande variedade de bactérias do gênero *Rhizobium* ou *Bradyrhizobium* (PINTO et al., 2004; MACHADO et al., 2010). Em estudos realizados na Colômbia, as taxas de FBN variam entre 9 e 27 kg ha<sup>-1</sup> em período de 3 semanas, quando em consórcio com *Brachiaria decumbens* (SUÁREZ-VÁSQUEZ et al., 1992); de 1 a 12 kg ha<sup>-1</sup> em período de 16 semanas, quando consorciado com *B. dictyoneura* (THOMAS, 1994) e de 26 a 99 kg/ha em monocultivo de *Arachis pintoii*. Segundo Thomas & Asakawa (1993), a FBN pelo amendoim forrageiro pode suprir entre 8 e 16% da necessidade de N em pastagem consorciada com gramíneas tropicais.

O amendoim forrageiro é uma das leguminosas forrageiras com maior capacidade de produção e acúmulo de forragem. Em estudo realizado por Tamele et

al. (2017), avaliando pastos consorciados de capim-marandu com amendoim forrageiro manejados a diferentes alturas de corte no verão, a leguminosa apresentou massa de forragem média de 812 kg MS ha<sup>-1</sup> e taxa de acúmulo de 265 kg MS ha<sup>-1</sup> dia.

Muitos estudos vêm sendo conduzidos para avaliar o consórcio de amendoim forrageiro com gramíneas de diversos gêneros, como *Brachiaria*, *Panicum* e *Cynodon* (VALENTIM et al., 2001; ANDRADE et al., 2006; ANDRADE & VALENTIM, 2007) e em algumas dessas áreas, pastagens consorciadas têm sido manejadas sob lotação rotacionada com até 2,5 UA/ha, com novilhas primíparas parindo aos 22-24 meses de idade e novilhos cruzados Nelore x Angus, alcançando peso de abate de 225 kg de peso de carcaça aos 24 meses (VALENTIM & ANDRADE, 2005).

Em estudo conduzido por Paulino et al. (2012), foi verificado que o amendoim forrageiro cv. Belmonte apresenta entre 1,5 a 1,7 % de tanino condensado em sua composição. Neste sentido, a presença desse metabólito secundário aliada ao alto valor nutritivo do amendoim forrageiro pode modificar a fermentação ruminal e digestibilidade da proteína e dos carboidratos solúveis e, conseqüentemente, reduzir a metanogênese. No Brasil, no entanto, o consórcio de gramínea com amendoim forrageiro como estratégia de mitigação de CH<sub>4</sub> entérico em pastagens ainda foi pouco avaliado técnico e cientificamente.

### **Balanco de nitrogênio**

O balanço de N pelos ruminantes é geralmente determinado pela diferença entre as entradas e as saídas de N no metabolismo animal. Como entradas, considera-se o N fornecido pela dieta, o N metabólico endógeno proveniente da oxidação de aminoácidos e o N reciclado para o rúmen pelo sangue ou saliva. Por outro lado, as saídas de N incluem a NH<sub>3</sub>, a proteína não degradada (dietética ou endógena) e proteína microbiana (Pmic) (HOOVER & STOKES, 1991).

A proteína proveniente da dieta pode ser dividida em degradável no rúmen (PDR) e não-degradável no rúmen (PNDR). A PDR sofre ação de microorganismos ruminais para sua degradação e é utilizada para crescimento e síntese de proteína microbiana, podendo ser perdida na forma de ureia pela urina quando excede a quantidade exigida e a utilização pelos microorganismos (BACH et al., 2005). A

PNDR, por sua vez, passa direto pelo rúmen para ser digerida no abomaso e absorvida no intestino, sendo fonte de aminoácidos para aproveitamento do próprio ruminante.

O conjunto de todos os aminoácidos que estão disponíveis para digestão e posterior absorção intestinal compõe a proteína metabolizável (PM), incluindo a PNDR, a proteína endógena e parte da proteína microbiana, que pode suprir de 50 a 100% das exigências de PM para bovinos de corte (CERVIERI et al., 2001; SINCLAIR et al., 2014). Dessa forma, tem sido objetivo da nutrição dos ruminantes maximizar o fluxo de proteína microbiana para o intestino delgado, de modo a aumentar a eficiência produtiva do animal.

De acordo com o Bach et al. (2005), o metabolismo de N no rúmen pode ser dividido em dois eventos: degradação de proteína, que fornece fontes de N para bactérias, e a síntese de Pmic.

A degradação ruminal de proteína é resultado da atividade microbiana na qual gera os peptídeos por ação de proteases, catabolizados posteriormente a aminoácidos e estes, por sua vez, convertidos a ácidos graxos e CO<sub>2</sub> (WALLACE et al., 1997). A taxa e intensidade desse processo depende de alguns fatores, como a atividade proteolítica dos micro-organismos ruminais, o tipo de proteína relacionado às propriedades das ligações peptídicas, as espécies de micro-organismos predominantes no rúmen, a taxa de diluição e pH ruminal e os substratos fermentáveis (BACH et al., 2005).

Os compostos nitrogenados liberados no rúmen durante a degradação proteica são imprescindíveis para o crescimento microbiano ruminal (VERBIC, 2002). Nesse sentido, as exigências dos micro-organismos ruminais para estes compostos são atendidas através da proteína dietética degradada, do N metabólico endógeno e o reciclado (HOOVER & STOKES, 1991).

As bactérias convertem os peptídeos disponíveis em proteína microbiana com eficiência de 80% e as bactérias fermentadoras de carboidratos não fibrosos utilizam cerca de 66% do N disponível na forma de peptídeos (RUSSELL et al., 1983), sendo que na ausência de carboidratos, todos os peptídeos são convertidos à NH<sub>3</sub>. Essa NH<sub>3</sub> produzida durante a degradação da proteína é utilizada pelos micro-organismos



na presença de carboidratos não fibrosos para a síntese de proteína e outros constituintes celulares, como os ácidos nucleicos (KOZLOSKI, 2011).

Ao longo dos últimos anos, diversas pesquisas demonstraram a existência de correlação entre produção de proteína microbiana e excreção urinária de derivados de purinas (DP) (BALCELLS et al., 1996; VAGNONI et al., 1997; RENNÓ et al., 2000), como a alantoína, ácido úrico, xantina e hipoxantina, sendo os últimos dois considerados irrisórios em bovinos (CHEN & GOMES, 1992).

Segundo Chen & Gomes (1992), os DP originam-se de duas fontes, as purinas absorvidas no intestino delgado e as endógenas, que são liberadas do metabolismo dos ácidos nucleicos. Chizzotti et al. (2006) alegam que a excreção de DP na urina consiste em um método simples e não-invasivo para estimativa da produção de proteína microbiana no rúmen e do fluxo de compostos nitrogenados microbianos que, segundo Firkins et al. (1998), pode ser influenciado pela proporção de forragem e concentrado da dieta, pela porcentagem de FDN, que influencia o pH ruminal, ou pelo suprimento de PDR.

Para estimação da excreção de compostos urinários como a ureia, os DP e o volume urinário, portanto, Valadares et al. (1999) descreveram uma técnica baseada em uma única amostra de urina, denominada amostra *spot*, de modo a facilitar a obtenção de dados experimentais e possibilitar sua aplicação no campo.

A síntese de proteína microbiana ruminal provém em maior parte da proteína fornecida pela dieta, numa proporção de 50 a 80% do total (STORM & ORSKOV, 1983). Em geral, este processo depende do suprimento em quantidade adequada e do tipo de carboidratos utilizado como fonte de energia para a formação das ligações peptídicas, além da quantidade adequada de compostos nitrogenados, como NNP, estabelecendo sincronismo entre energia e proteína no rúmen. Além disso, a velocidade e a quantidade de proteína degradada no rúmen condicionam a quantidade de proteína microbiana a ser sintetizada e determinam a quantidade total de proteína não degradada no rúmen que chega ao duodeno (STERN et al., 1994).

Segundo NRC (2000), a absorção de proteína microbiana verdadeira e da proteína dietética não degradada no rúmen determina o atendimento das exigências de proteína metabolizável para os ruminantes, podendo suprir de 50 a 100% da

necessidade em proteína metabolizável devido à sua alta digestibilidade e em torno de 80% de aminoácidos.

A parte da  $\text{NH}_3$  liberada no rúmen que não pode ser utilizada pelos micro-organismos é transformada em ureia no fígado, que então é excretada pela urina quando não aproveitada pelo animal, reciclada via saliva ou corrente sanguínea, caso contrário (McDONALD, 1995). A absorção da  $\text{NH}_3$  está diretamente associada à sua concentração no rúmen e é maior quanto maior o pH do fluido ruminal (KOZLOSKI, 2011).

A nutrição animal tem como um dos objetivos principais a maximização do crescimento microbiano e da quantidade de PDR que é capturada pelas células microbianas do rúmen, de modo a aumentar a formação de aminoácidos e diminuir as perdas de N.

Nocek & Russell (1988) afirmam que quando a taxa de degradação de proteína excede a taxa de fermentação de carboidratos, grandes quantidades de N podem ser perdidas como  $\text{NH}_3$  e, em contrapartida, quando a taxa de fermentação excede a de degradação, a síntese de proteína microbiana pode diminuir. Dessa forma, Poppi e McLennan (1995) sugerem que quando a relação entre o teor de PB do alimento e quantidade de matéria orgânica digestível (MOD) for inferior à  $160 \text{ g PB kg}^{-1} \text{ MOD}$ , ocorre máxima eficiência na síntese de Pmic e na transferência de proteína ingerida para o intestino. Por outro lado, quando essa relação excede  $210 \text{ g PB kg}^{-1} \text{ MOD}$ , podem ocorrer perdas de N e/ ou transferência incompleta de proteína, caracterizando baixo aproveitamento da PB da forragem no processo de digestão ruminal e síntese de Pmic.

Como parâmetros para avaliação do balanço de N, utilizam-se duas medidas: a eficiência da síntese de proteína microbiana (ESPM) e a eficiência do uso de N (EUN). Tratam-se de medidas complementares, na qual a primeira indica o quanto de energia é direcionada para a deposição de N pelos micro-organismos, e a segunda indica o quanto de N disponível está sendo utilizado por eles, e pode ser calculada de acordo com a equação 2, proposta por Detmann (2014):

$$EUN = \frac{\text{Balanço de N (g dia}^{-1}\text{)}}{\text{N ingerido (g dia}^{-1}\text{)}} \quad (2)$$

Segundo Bach et al. (2005), quando a EUN aumenta, o acúmulo de  $\text{NH}_3$  no rúmen diminui.

A principal forma de excreção de N na urina ocorre via ureia, sendo sua concentração correlacionada positivamente às concentrações de N no plasma sanguíneo e à ingestão do nutriente (VAN SOEST, 1994), constituindo-se um indicativo da EUN ruminal. Além disso, esse tipo de perda está relacionado predominantemente à perda de N ruminal resultante da extensa degradação de proteína no rúmen. Em contrapartida, Van de Haar e St-Pierre (2006) relacionam a excreção de N nas fezes ao N não digerido no rúmen, à Pmic não digerida no intestino delgado e às fontes endógenas.

Dessa forma, Russell et al. (1992) apontam que a redução da perda de N pela urina ou fezes é possível através da redução do nível de N dietético e degradação da proteína, e também mediante melhoria na eficiência de captura do N degradado no rúmen por meio da síntese de proteína microbiana.

Estudos que avaliem a EUN em sistemas de produção bovina se mostram promissores, na medida em que seu uso ineficiente além de resultar em perdas excessivas e prejudiciais ao meio ambiente, gera perdas econômicas (OENEMA & PIETRZAK, 2002).

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A.P.A. **Manejo da fertilidade do solo sob pastagem: o uso do nitrogênio**. Guaíba: Agropecuária, 120p., 1998.

ALEXANDRINO, E. **Crescimento e características químicas e morfológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a cortes e diferentes doses de nitrogênio**. 2000. 70f. Dissertação (Mestrado Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2000.

ALLEN, V.G.; BATELLO, C.; BERRETTA, E.J.; HODGSON, J.; KOTHMANN, M.; LI, X.; MCLVOR, J.; MILNE, J.; MORRIS, C.; PEETERS, A.; SANDERSON, M. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v. 66, p. 2-28, 2011.

ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; VALENTIM, J.F.; FERREIRA, O. Productivity, utilization efficiency and sward targets for mixed pastures of marandu grass, forage peanut and tropical kudzu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 52, n.3, p. 512-520, 2012.

ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; VALENTIM, J.M.; PEREIRA, O. G. Grazing management strategies for massai grass-forage peanut pastures. Dynamics of sward condition and botanical composition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.334-342, 2006.

ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F. **Síndrome da morte do capim-brizantão no Acre: características, causas e soluções tecnológicas**. Rio Branco, AC - Embrapa Acre, 41p., 2007 (Embrapa Acre. Documentos, 105).

ANDRADE, E.A. **Consumo de forragem, desempenho animal e emissão de metano entérico por bovinos em pastos de capim-elefante anão com ou sem acesso a amendoim forrageiro**. 2013. 44 f. Dissertação (Mestrado), Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013.

**Animal Science**, v. 73, n. 8, p. 2483-2492, 1995.

ARCHIMÈDE, H.; EUGÈNE, M.; MAGDELEINE, C.M.; BOVAL, M.; MARTIN, C.; MORGAVI, D.P.; LECOMTE, P.; DOREAU, M. Comparison of methane production

between C3 and C4 grasses and legumes. **Animal Feed Science and Technology**, v.166-167, p.59-64, 2011.

ASSOUMAYA, C.; SAUVANT, D.; ARCHIMÈDE, H. Etude comparative de l'ingestion et de la digestion des fourrages tropicaux et tempérés. **INRA Productions Animales**, v. 20, p. 383–392, 2007.

BACH, A.; CALSAMIGLIA, S.; STERN, M. D. Nitrogen metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v. 88, p. E9-E21, 2005.

BACH, Alex; STERN, Marshall D. Effects of different levels of methionine and ruminally undegradable protein on the amino acid profile of effluent from continuous culture fermenters. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 12, p. 3377-3384, 1999.

BALCELLS, J.; GUADA, J.A.; CASTRILLO, C. Determination of rumen microbial-nitrogen production in sheep: a comparison of urinary purine excretion with methods using 15 N and purine bases as markers of microbial-nitrogen entering the duodenum. **British Journal of Nutrition**, v. 75, n. 5, p. 699-709, 1996.

BALZON, T. **Relatório final**. Brasília, DF: CNPq; Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2006. Relatório de conclusão de estágio.

BARBERO, R.P.; MALHEIROS, E.B.; ARAÚJO, T.L.R.; NAVE, R.L.G.; MILLINIKS, 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.

BARNABÉ, M. C.; ROSA, B.; LOPES, E.L.; ROCHA, G. P.; FREITAS, K. R.; PINHEIRO, E.P. Produção e composição químico-bromatológica da *Brachiaria brizantha* CV. marandu adubada com dejetos líquidos de suínos. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.3, p. 435-446, 2007.

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

BODDEY, R. M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R.M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O. C. de; REZENDE, C. de 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, n.2, p. 389-403, 2004.

CADISCH, G.; SCHUNKE, R.M.; GILLER, K.E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red Latossol in Brazil. **Tropical Grassland**, v.28, n.1, p.43-52, 1994.

CARDOSO, A. S., A. BERNDT, A. LEYTEM, B. J. R. ALVES, I. D. N. DE CARVALHO, L. H. DE BARROS SOARES, S. URQUIAGA, AND R.M. BODDEY. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. **Agricultural Systems**, v.143, p. 86-92, 2016.

CARNEIRO, J.C.; VALENTIM, J.F.; PESSOA, G.N. Avaliação agronômica do potencial forrageiro de *Arachis* spp. nas condições ambientais do Acre. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais ...** Viçosa, MG: SBZ, 2000.

CARULLA, J. E.; KREUZER, M.; MACHMÜLLER, A.; HESS, H. D. Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v 56, p. 961-970, 2005.

CARVALHO, P.C.D.F.; KOZLOSKI, G.V.; NABINGER, C.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; REFFATTI, M.V.; GENRO, T. C. M.; EUCLIDES, V.P.B. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 36, p. 151-170, 2007.

CERVIERI, R. C.; ARRIGONI, M. B.; OLIVEIRA, H. N.; SILVEIRA, A. C.; CHARDULO, L. A. L.; COSTA, C.; MARTINS, C. L. Desempenho e Características de Carcaça de Bezerros Confinados Recebendo Dietas com Diferentes Degradabilidades da Fração Protéica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30:1590–1599, 2001.

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 technical details**. Bucksburnd: Rowett Research Institute, International Feed Resources Unit, 21p., 1992.

CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.D.C.; VALADARES, R.F.D.; CHIZOTTI, F.H.M.; CAMPOS, J.M.D.S.; MARCONDES, M.I.; FONSECA, M.A. Consumo,

digestibilidade e excreção de ureia e derivados de purinas em novilhas de diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1813-1821, 2006.

CLARK, H.; KLEIN, C.; NEWTON, P. **Potential management practices and technologies to reduce nitrous oxide, methane and carbon dioxide emissions from New Zealand Agriculture**. Ngaherehere, NZ: Ministry of Agriculture and Forestry, 2001.

COSTA, N.L.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; PEREIRA, R.G.A. **Manejo de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Rondônia**. Rondônia: CPAFRO EMBRAPA, 2p., 2001 (Relatório Técnico, 33).

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

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

DE OLIVEIRA, O. C.; DE OLIVEIRA, I. P.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Chemical and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrados. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 103, n. 2, p. 289-300, 2004.

DIAS-FILHO, M.B.; ANDRADE, C.M.S. Pastagens no ecossistema trópico úmido. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. Anais. Goiânia: SBZ, p.94-104, 2005.

DIEHL, M. S.; OLIVO, C. J.; AGNOLIN, C.A.; BRATZ, V. F.; BEM, C.M.; AGÜIRRE, P.F.; SERAFIM, G. Produtividade de sistemas forrageiros consorciados com leguminosas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, p. 1527-1536, 2013.

FAGAN, E.B.; MEDEIROS, S.L.P.; MANFRON, P.A.; CASAROLI, D.; SIMON, J.; NETO, D.D.; VAN LIER, Q.J.; SANTOS, O.S.; MULLER, L. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja - revisão. **Revista da FZVA**, v. 14, n. 1, 2007.

FAGUNDES, J.L.; DA FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; DO NASCIMENTO JUNIOR, D.; VITOR, C.M.T.; DE MORAIS, R.V.; MARTUSCELLO, J.A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40(4), p.397-403, 2005.

FIRKINS, J.L.; ALLEN, M.S.; OLDICK, B.S.; ST-PIERRE, N.R. Modeling ruminal digestibility of carbohydrates and microbial protein flow to the duodenum. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 12, p. 3350-3369, 1998.

FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S. **Qualidade e valor nutritivo da forragem**. In: FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S. Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira. Passo Fundo: Embrapa Trigo, Cap. 1, p.25-31, 2009.

FRUTOS, P.; HERVÁS, G.; RAMOS, G.; GIRÁLDEZ, F.J.; MANTECÓN, A.R. Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. **Animal Feed Science and Technology**, v.92, p.215-226, 2002.

GOMES, F.; OLIVEIRA, M.D.B.L.; HOMEM, B.G.C.; BODDEY, R.M.; BERNARDES, T.F.; GIONBELLI, M.P.; LARA, M.A.; CASAGRANDE, D.R. Effects of grazing management in brachiaria grass-forage peanut pastures on canopy structure and forage intake. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 9, p. 3837-3849, 2018.

GUIMARÃES-BEELLEN, P.M.; BERCHIELLI, T.T.; BEELEN, R.; MEDEIROS, A.N. Influence of condensed tannins from Brazilian semi-arid legumes on ruminal degradability, microbial colonization and ruminal enzymatic activity in Saanen goats. **Small Ruminant Research**, v.61, p.35-44, 2006.

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

HESS, H. D.; MONSALVE, L.L.; LASCANO, C.E.; CARULLA, J.E.; DÍAZ, T.E.; KREUZER, M. Supplementation of a tropical grass diet with forage legumes and *Sapindus saponaria* fruits: effects on in vitro ruminal nitrogen turnover and methanogenesis. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 54, p. 703-713, 2003.

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



IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2014 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects**. Cambridge University Press, 2014.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Intergovernmental Panel on Climate Change: Geneva Switzerland, 2006.

JENKINSON, D.S. The impact of humans on the nitrogen cycle, with focus on temperate agriculture. **Plant Soil**, v.228, p.3-15, 2001.

JENSEN, E.S.; PEOPLES, M.B.; BODDEY, R.M.; GRESSHOFF, P.M.; HAUGGAARD-NIELSEN, H.; ALVES, B.J.R.; MORRISON, M.J. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.32, p.329-364, 2012.

JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 8, p. 2483-2492, 1995.

JOSE 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 Nelore bulls on pasture. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 5, p. 2275-2284, 2015.

KAMRA, D.N. Rumen microbial ecosystem. **Current Science**, Bangalore, v.89, p.124-134, 2005.

KARIA, C.T.; DUARTE, J.B.; ARAÚJO, A.C.G. **Desenvolvimento de cultivares do gênero *Brachiaria* (trin.) Griseb. no Brasil**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006.

KENNEDY, P. M.; CHARMLEY, Ed. Methane yields from Brahman cattle fed tropical grasses and legumes. **Animal Production Science**, v. 52, n. 4, p. 225-239, 2012.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3 ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 216p., 2011.

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.

LASCANO, C.E.; ÁVILA, P. Long-term producción de leche em pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. **Pasturas Tropicales**, Cali, v.13, n.1, p.10-20, 1991.

LASCANO, C.E.; CÁRDENAS, E. Alternatives for methane emission mitigation in livestock systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.175-182, 2010.

LASCANO, C.E.; THOMAS, D. Forage quality and animal selection of *Arachis pinto* in association with tropical grasses in the eastern plains of Colombia. **Grass and Forage Science**, v.43, p.433-439, 1988.

LONGO, C. Methane production from tannin rich plants incubated in vitro. In: British Society of Animal Science Meeting, 2006, York. **Proceedings of the British Society of Animal Science**. York: British Society of Animal Science, 2006.

MACEDO, M.C.M. Aspectos edáficos relacionados com a produção de *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu. In: BARBOSA, R.A. **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, p.35-65, 2006.

MACHADO, L.A.Z.; LEMPP, B.; VALLE, C.B. Principais espécies forrageiras utilizadas em pastagens para gado de corte. In: PIRES, A.V (Ed.). **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, v. 1, p.375-417, 2010.

MACKIE, R.I.; McSWEENEY, C.S.; KLIEVE, A.V. Microbial ecology of the ovine rumen. In: FREER, M.; DOVE, H. **Sheep nutrition**. Wallingford: CABI Publishing, p. 71-94, 2002.

MAKKAR, H. P. S. Effect and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. **Small Ruminant Research**, v.49, p.241-256, 2003.

MARTIN, C.; MORGAVI, D.P.; DOREAU, M. Methane mitigation in ruminants: from microbes to the farm scale. **Animal**, v.4, n.3, p.351-365, 2009.

MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J. K. **Nutrição animal**. 3. ed. São Paulo: Freitas Bastos, 726 p., 1984.

McDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D.; MORGAN, C.A.; SINCLAIR, L.A.; WILKINSON, R.G. **Animal Nutrition**. 5. ed. Zaragoza: Acribia, 576p., 1995.

MCTI - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Ed. 2. Brasília: MCTI, 2016.

MIN, B.R.; BARRY, T.N.; ATTWOOD, G.T.; MCNABB, W.C. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages. **Animal Feed Science Technology**, v.106, p. 3-19, 2003.

MOHAMMED, N.; ONODERA, R.; ITABASHI, H.; LILA, Z.A. Effects of ionophores, vitamin B6 and distiller's grains on in vitro tryptophan biosynthesis from indolepyruvic acid, and production of other related compounds by ruminal bacteria and protozoa. **Animal Feed Science and Technology**, v.116, p.301-311, 2004.

MOSS, A. R.; JOUANY, J. P.; NEWBOLD, C. J. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. **Annales de Zootechnie**, v.49, p.231-253, 2000.

MOSS, A.R. Methane: global warning and production by animals. **Kingston: Chalcombe Publications**, 105p., 1993.

MOUJAHED, N.; BEN SALEM, H.; KAYOULI, C. Effects of frequency of polyethylene glycol and protein supplementation on intake and digestion of *Acacia cyanophylla* Lindl. foliage fed to sheep and goats. **Small Ruminant Research**, v.56, p.65-73, 2005.

MYHRE, G.; SHINDELL, D.; BREON, F. M.; COLLINS, W.; FUGLESTVEDT, J.; HUANG, J.; KOCH, D.; LAMARQUE, J. F.; LEE, D.; MENDONZA, B.; NAKAJIMA, T.; ROBOCK, A.; STEPHENS, G.; TAKEMURA, T.; ZHANG, H. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. **Table**, v. 8, p. 714, 2013.

NELSON, C.J.; MOSER, L.E. Plant factors affecting forage quality. In: FAHEY JUNIOR, G.C. (Ed). Forage quality, evaluation and utilization. **Madison: American Society of Agronomy**, p.115-154, 1994.

NIDERKORN, V., BAUMONT, R. Associative effects between forages on feed intake and digestion in ruminants. **Animal**, v. 3, p.951–960, 2009.

- NOCEK, J. E.; RUSSELL, J. B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 8, p. 2070-2107, 1988.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy, 242p., 2000.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7th rev. ed. National Academy Science, Washington, 408p, 2001.
- NUNES, S.G.; BOOK, A. PENTEADO, M.I.O; GOMES, D.T. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**. Campo Grande: EMBRAPA, CNPQC, 31p., 1985. (Documento, 21).
- NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; LIMA, M.L.M. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, v.1, 583p., 2006.
- OENEMA, O.; PIETRZAK, S. Nutrient management in food production: Achieving agronomic and environmental targets. **Ambio: A Journal of the Human Environment**, v.31, p.159-168, 2002.
- OLIVEIRA, D. E.; TEDESCHI, L. O. Comparing plastic syringes and disposable columns to extract n-alkanes in forage and concentrate feeds. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1844-1847, 2010.
- OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J.L.; SANTOS, D. C. Sistema Santa Brígida - Tecnologia Embrapa: consorciação de milho com leguminosas. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica**, 2010.
- PAULINO, V.T.; BUENO, M.S.; ABDALLA, A. L. Composição química e compostos fenólicos em *Arachis pintoi* 'belmonte'. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 236, p. 611-614, 2012.
- PEDREIRA, M. S.; PRIMAVESI, O. Impacto da fermentação animal sobre o ambiente. IN: BERCHIELLI, T.T.; OLIVEIRA, S.G.; PIRES, A.V. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, cap. 16, p. 497 – 511, 2006.
- PEDREIRA, M.S.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M.A.; FRIGHETTO, R.T.; OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T. Ruminal methane emission by dairy cattle in southeast Brazil. **Scientia Agricola**, v.66, p.742-750, 2009.

PEREIRA, J.C. **Produtividade de pastos consorciados de capim-marandu e amendoim forrageiro**. 2015. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PINTO, P.P.; PAIVA, E.; PURCINO, H.; PASSOS, R.V.M.; SÁ, N.M.H. Characterization of rhizobia that nodulate *Arachis pintoi* by RAPD analysis. **Brazilian Journal of Microbiology**. v.35, n.3, p. 219- 223, 2004.

PIRES SOBRINHO, T.L. **Predição da emissão de metano entérico de bovinos nelore**. 60 f. Tese (Doutorado) - Curso de Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, cap.1, 2014.

PIRES, W. **Manual de pastagem: formação, manejo e recuperação**. Viçosa: Ed. Aprenda Fácil, São Paulo. p.64-74, 2006.

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

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A.G.; FREITAS, A.R.; VIVALDI, L.J. Adubação nitrogenada em capim Coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.33, n.1, p.68-78, 2004.

REIS, R.A.; CARDOSO, A.S.; DELEVATTI, L.M.; LEITE, R.G.; SINISCALCHI, D.; RUGGIERI, A.C. Eficiência na produção de bovinos e o impacto ambiental da atividade pecuária. In: **Anais das Palestras/ IV Simpósio Brasileiro de Produção de Ruminantes no Cerrado: Eficiência produtiva e impacto ambiental na produção de ruminantes**. Gilberto de Lima Macedo Júnior, Simone Pedro da Silva (Coordenadores). Uberlândia: UFU, pp. 7-15, 2018.

RENNÓ, L.N.; VALADARES, R.F.D.; LEÃO, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R.; DIAS, H.L.C.; COSTA, M.A.L.; OLIVEIRA, R.V. Estimativa da produção de proteína microbiana pelos derivados de purinas na urina em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1223-1234, 2000.

ROSSI, L.G.; FIORENTINI, G.; VIEIRA, B.R.; NETO, A.J.; MESSANA, J.D.; MALHEIROS, E.B.; BERCHIELLI, T.T. Effect of ground soybean and starch on intake, digestibility, performance, and methane production of Nelore bulls. **Animal Feed Science and Technology**, 2017.

RUGGIERI, A.C.; CARDOSO, A.S. Carbon balance in animal production systems: Emission sources and mitigation options. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 25, n. 1-2, 2017.

RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G.; Van SOEST, P.J.; SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3551-3561, 1992.

RUSSELL, J.B.; SNIFFEN, C.J.; VAN SOEST, P. J. Effect of carbohydrate limitation on degradation and utilization of casein by mixed rumen bacteria. **Journal of Dairy Science**, v. 66, n. 4, p. 763-775, 1983.

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

SAUVANT, D.; GIGER-REVERDIN, S. Modélisation des interactions digestives et de la production de méthane. **INRA Productions Animales**, v. 22, p. 375–384, 2009.

SINCLAIR, K. D.; GARNSWORTHY, P. C.; MANN, G. E.; SINCLAIR, L. A. Reducing dietary protein in dairy cow diets: implications for nitrogen utilization, milk production, welfare and fertility. **Animal – A major new International Journal of Animal Bioscience**, 8:262–274, 2014.

SOUZA, E.M. **Efeito da irrigação e adubação nitrogenada sobre a produção de matéria seca e qualidade da forragem de cultivares de (*Panicum maximum*)**. 2003. 65f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2003.

SOUZA, P.E.D.; SOUZA, P.I.M.; CARMONA, R.; FAGIOLI, M.; SPEHAR, C.R.; BÔAS, H.D.C. **Semente é tecnologia**. Brasília: Monsanto, 6 p., 2014.

SPRENT, J.I. Evolving ideas of legume evolution and diversity: a taxonomic perspective on the occurrence of nodulation. **New Phytologist**, v.174, n.1, p.11-25, 2007.

STORM, E.; ORSKOV, E.R. The nutritive value of rumen micro-organisms in ruminants: 1. Large-scale isolation and chemical composition of rumen micro-organisms. **British Journal of Nutrition**, v. 50, n. 2, p. 463-470, 1983.

SUÁREZ-VÁSQUEZ, S.; WOOD, M.; NORTCLIFF, S. **Crecimiento y fijación de nitrógeno por *Arachis pinto* establecido con *Brachiaria decumbens***. Cenicafe, v.43, p.14-21, 1992.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiología vegetal**. 3° ed., Porto Alegre: Artemed, p.719, 2004.

TAMELE, O. H.; LOPES DE SÁ, O.A.A.; BERNARDES, T.F.; LARA, M.A.S.; CASAGRANDE, D.R. Optimal defoliation management of brachiaria grass–forage peanut for balanced pasture establishment. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 2, p. 522-531, 2018.

TAMMINGA, S. A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 12, p. 3112-3124, 1996.

TAMMINGA, S.; BANNINK, A.; DIJKSTRA, J.; ZOM, R. Feeding strategies to reduce methane loss in cattle. Report 34, **Animal Science Group**, 2007.

THOMAS, R.J. Rhizobium requirements, nitrogen fixation and nutrient cycling in forage *Arachis*. In: KERRIDGE, P.c.; HARDY, B. (Ed.). **Biology and agronomy of forage *Arachis***. Cali: CIAT, p. 84-94, 1994.

THOMAS, R.J. Role of legumes in providing N for sustainable tropical pasture legumes. **Plant and Soil**, v.174, n.1-2, p.103-118, 1995.

THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, p.1351-1361, 1993.

THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M.; RONDON, M.A.; RONDON, M.A.; ALARCON, H.F. Nitrogen fixation by three tropical forage legumes in an acid soil savanna of Colombia. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, n.5-6, p.801-808, 1997.

TORRES GONZÁLES, A.M.; MORTON, C.M. Molecular and morphological phylogenetic analysis of *Brachiaria* and *Urochloa* (Poaceae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 37, p. 36-44, 2005.

VAGNONI, D.B.; BRODERICK, G.A.; CLAYTON, M.K. et al. Excretion of purine derivatives by holstein cows abomasally infused with incremental amounts of purines. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1695-1702, 1997

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, p.2686-2696, 1999.

VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S. Forage peanut (*Arachis pinto*): a high yielding and high quality tropical legume for sustainable cattle production systems in the Western Brazilian Amazon. In: International Grassland Congress, 2005, Dublin. **Offered papers ...** Dublin, 2005.

VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; SALES, M.F.L. **Amendoim forrageiro cv. Belmonte: leguminosa para a diversificação das pastagens e conservação do solo no Acre**. Rio Branco: Embrapa – CPAF Acre, 18p., 2001 (Circular Técnica, 43).

VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2000, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, p. 65-108, 2000.

VALLE, L.C.S.; VALERIO, J.R.; SOUZA, O.C.; FERNANDES, C.D.; CORRÊA, E.S. **Diagnóstico de morte de pastagens nas regiões Leste e Nordeste do Estado do Mato Grosso**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 13p., 2000 (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 97).

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Ithaca: Cornell University Press, 476p., 1994.

VANDEHAAR, M.J.; ST-PIERRE, N. Major Advances in Nutrition: Relevance to the Sustainability of the Dairy Industry. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.1280-1291, 2006.

VERBIC, J. Factors affecting microbial protein synthesis in the rumen with emphasis on diets containing forages. Viehwirtschaftliche Fachtagung, **Annals...** Germany, p. 24-25, 2002.

WADA, F.Y.; PRADO, IN.; SILVA, R.R.; MOLETTA, J.L.; VISENTAINER, J.V.; ZEOULA, L.M. Grãos de linhaça e canola sobre o desempenho, digestibilidade aparente e característica de carcaça de novilhas nelore terminada em confinamento. **Ciência Animal Brasileira**, v.9, p.883- 895, 2008.

WAGHORN, G.C.; CLARK, H.; TAUFU, V.; CAVANAGH, A. Monensin controlled-release capsules for methane mitigation in pasture-fed dairy cows. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, p. 65-68, 2008.



WALLACE, R. J.; ONODERA, R.; COTTA, M. A. Metabolism of nitrogen-containing compounds. In: **The rumen microbial ecosystem**. Springer, Dordrecht, p. 283-328, 1997.

WOODWARD, S.L.; WAGHORN, G.C.; ULYATT, M.J.; LASSEY, K.R. Early indications that feeding Lotus will reduce methane emissions from ruminants. In: **PROCEEDINGS-NEW ZEALAND SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION**. New Zealand Society of Animal Production, v. 61, p. 23–26, 2001.

ZEN, S.; BARIONI, L.G.; BONATO, D.B.B.; ALMEIDA, M.H.S.P.; RITLL, T.F. **Pecuária de corte brasileira: impactos ambientais e emissões de gases efeito estufa (GEE)**, 2008.

ZIMMER, A.H.; MACEDO, M.C.M.; KICHEL, A.N.; ALMEIDA, R.G. Degradação, recuperação e renovação de pastagens. Embrapa Gado de Corte-Documents (INFOTECA-E), 2012.

## **CAPÍTULO 2 - MASSA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA FORRAGEM EM PASTAGENS DE CAPIM-MARANDU CONSORCIADAS COM AMENDOIM FORRAGEIRO OU ADUBADAS COM FERTILIZANTE NITROGENADO**

### **1. INTRODUÇÃO**

A produção de bovinos de corte no Brasil é caracterizada por ser 95% desenvolvida exclusivamente em pastagens, cujas forrageiras tropicais representam um dos recursos alimentares mais econômicos para a produção animal. Nesse sentido, a intensificação da utilização das pastagens deve ocorrer de forma mais racional, através de práticas de manejo sustentáveis que respeitem os limites específicos de cada espécie forrageira e permitam a alta produtividade, de modo a maximizar o aproveitamento dos recursos forrageiros, com o mínimo de impacto ambiental e maior eficiência do sistema de produção animal (GOMIDE & GOMIDE, 2001; REIS et al., 2009).

Os ruminantes apresentam um sistema digestório peculiar, no qual o rúmen, que consiste em uma câmara anaeróbia fermentativa, permite o aproveitamento de alimentos fibrosos (parte da parede celular de vegetais), e o nitrogênio não proteico (NNP) como fontes de nutrientes, mediante relação simbiótica entre o hospedeiro e a microbiota ruminal (KAMRA, 2005). Dessa forma, a qualidade da fibra da dieta exerce grande importância na composição do alimento sobre o consumo e desempenho animal, visto que determina a dinâmica e eficiência da degradação ruminal (QUEIROZ et al., 2011).

As variações climáticas anuais caracterizadas por períodos de chuva e de seca, além de serem responsáveis pela estacionalidade de produção das plantas forrageiras, cuja produção se concentra 80% nas águas e 20% na seca, promovem drásticas variações no valor nutritivo da planta, em função principalmente do aumento de componentes estruturais na matéria seca (MS), como a celulose, hemicelulose e lignina, e redução dos componentes não estruturais, como a proteína e os carboidratos solúveis (SÁ et al., 2010). Para Reis et al. (2005), essas mudanças na composição da forrageira representam uma queda acentuada na digestibilidade.

Segundo Van Soest (1994), os carboidratos são os principais constituintes das plantas forrageiras (50-80% da MS) e os mais importantes na determinação do valor nutritivo da forragem, visto que as fibras afetam o volume físico ocupado no rúmen, influenciando a ingestão e o desempenho animal. Além das fibras, analisadas e classificadas quimicamente como fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) e dos carboidratos, classificados em carboidratos totais (CT), carboidratos não-fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT), outros componentes da planta como o teor de proteína bruta (PB) e suas frações, e de extrato etéreo (EE) também assumem importância na análise qualitativa da forragem, visto que influenciam o desempenho animal.

O fracionamento dos carboidratos e proteínas da forragem tem por objetivo adequar a fermentação ruminal e digestão pós-ruminal desses componentes, visando maximizar a produção microbiana, minimizar as perdas de N pelo animal e estimar o escape ruminal de nutrientes, através da sincronização entre a disponibilidade desses nutrientes no rúmen promovida pela predição das condições nutricionais da planta forrageira (SNIFFEN et al., 1992). Nesse contexto, Sniffen et al. (1992), Fox et al. (1992) e Russell et al. (1992) desenvolveram um programa nutricional de fracionamento denominado *Cornell Net Carbohydrate and Protein System*, que divide a proteína da planta em 5 frações (A, B1, B2, B3 e C), de acordo com sua biodisponibilidade e taxa de degradação no rúmen.

Além da composição químico-bromatológica, a característica mais importante das forragens consiste na produção de massa. Embora o potencial produtivo de uma planta forrageira seja determinado geneticamente, as condições de manejo e do meio, como a temperatura, umidade, luminosidade e, principalmente, a disponibilidade de nutrientes interferem diretamente na produtividade e no valor nutritivo (FAGUNDES et al., 2005). Dentre as variáveis que podem estimar a produção de massa, cita-se a taxa de acúmulo, que consiste na massa de forragem acumulada em um período específico, representando o balanço entre crescimento, senescência, decomposição de material morto e o consumo pelos animais (ALLEN et al., 2011).

O consumo de forragem, por sua vez, pode ser influenciado por diversos fatores associados ao animal, ao pasto e ao ambiente, sendo o principal determinante do desempenho animal em pastejo (CARVALHO et al., 2007). A estimativa do consumo,

dentre outros meios, pode ser realizada através da taxa de desaparecimento de forragem, principalmente quando se utiliza pastejo rotacionado com vacas leiteiras, que demandam maior regularidade no consumo (DIEHL et al., 2013).

De acordo com Laca & Lemaire (2000), o processo de pastejo e a facilidade de colheita de forragem pelo animal determinam o desempenho e a produtividade animal, visto que são afetados por componentes ligados à arquitetura e à proporção dos componentes morfológicos e botânicos presentes no pasto, que definem a estrutura vertical e horizontal do dossel. Nesse sentido, Sbrissia et al. (2017) alegam que a presença e quantidade de lâminas foliares, que constituem o componente morfológico de maior valor nutritivo e de maior preferência pelos animais, corresponde a uma condição importante para suprir as necessidades nutricionais dos animais.

O manejo empregado nas pastagens também influencia diretamente a oferta de forragem disponível ao consumo dos animais. Essa variável corresponde à relação entre a quantidade de MS de forragem por unidade de área e o número de unidades animais ou unidades de consumo de forragem em qualquer ponto determinado no tempo (ALLEN et al., 2011) e, segundo Sollenberger et al. (2005), pode prever o desempenho animal em pastagem na medida em que integra a massa de forragem com a taxa de lotação. De acordo com Burns et al. (1989), a taxa de lotação é indiretamente relacionada ao desempenho animal uma vez que, por definição, não descreve a quantidade e qualidade do dossel forrageiro. Dessa forma, a mesma taxa de lotação pode resultar em diferentes produtividades animal em função das espécies forrageiras, massa de forragem e outras características.

Diante da importância da disponibilidade de nutrientes no sistema solo-planta e por se tratar do nutriente que mais limita a produtividade das plantas forrageiras (SOLOMON et al., 2011), o nitrogênio (N) proveniente da adubação exerce importante função, na medida em que promove aumento da produção de massa da forragem que proporciona maior consumo de MS pelos animais em pastejo (CECATO et al., 2004), bem como melhora o valor nutritivo da planta, visto que aumenta o teor de proteínas e reduz o teor de fibras estruturais. Além disso, a adubação nitrogenada aumenta o vigor de rebrota da planta, visto que o N, quando disponível e após o pastejo, promove rápida expansão das folhas, repondo rapidamente os tecidos fotossintéticos e eleva a formação de perfilhos, responsável pela maior produção de MS (REZENDE et al.,

2011). Diversos autores reportaram melhoria na estrutura do pasto e aumento da produção de biomassa com o emprego de fertilizantes nitrogenados (CECATO et al., 2004; COSTA et al., 2009; FLORES et al., 2008; MESQUISTA et al., 2010; SILVA et al., 2013; DELEVATTI et al., 2019).

O uso excessivo de fertilizantes nitrogenados, no entanto, além de aumentar os custos do sistema de produção, resulta em impactos ambientais através da emissão de gases de efeito estufa (GEE), como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), visto que são oriundos de combustíveis fósseis e também pode contaminar os rios e lençóis freáticos (JENKINSON, 2001).

Como alternativa para o suprimento de N no sistema e ao mesmo tempo redução dos impactos ambientais causados pelo emprego de fertilizantes químicos, o uso de leguminosas consorciadas com gramíneas tropicais se mostra promissor. Devido ao aporte de N promovido pela fixação biológica de N (FBN), realizada pela associação entre a leguminosa e bactérias fixadoras (TAIZ & ZIEGER, 2004), a prática permite aumentar a produtividade da forragem de forma sustentável (MUIR et al., 2014; PHELAN et al., 2015; CARDOSO et al., 2016), promover melhoria das condições químicas e físicas do solo (VENDRAMINI et al., 2013) e elevar os índices zootécnicos em virtude da melhoria do valor nutritivo e digestibilidade da forragem e do aumento do consumo pelos animais, proporcionado pelo aumento da oferta de forragem com a forrageira adicional (OLIVEIRA et al., 2010).

Na última década, o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* (Krapov. & W.C. Gregory)) vem merecendo grande atenção da pesquisa e de empresas produtoras de sementes. Em consórcio com gramíneas tropicais, a leguminosa se mostra uma opção vantajosa por apresentar características como a capacidade de produção mesmo sob altos níveis de sombreamento e alta capacidade adaptativa, além de alta resistência à desfolha do pastejo e tolerância ao pisoteio (MACHADO et al., 2010). Além disso, trata-se de uma das leguminosas forrageiras com grande capacidade de produção e acúmulo de forragem. Em estudo realizado por Tamele et al. (2017), avaliando pastos consorciados de capim-marandu com amendoim forrageiro manejados a diferentes alturas de corte no verão, a leguminosa apresentou massa de forragem média de 812 kg MS ha<sup>-1</sup> e taxa de acúmulo de 265 kg MS ha<sup>-1</sup>, durante o verão, o que equivale a 1,8 kg MS ha<sup>-1</sup> dia. Quanto ao valor nutritivo, Gomes et al. (2018) verificaram teores

médios de 20% de PB, 43% de FDN e 68% de digestibilidade *in vitro* de MS (DIVMS) em pastos consorciados com capim-marandu. Neste contexto, Silva et al (2018) observaram que o valor nutritivo do amendoim forrageiro é adequado para uma ampla gama de espécies e categorias animais, evidenciando a importância da estrutura do dossel como determinante das estratégias de manejo da pastagem e também do consumo e, conseqüentemente, desempenho animal.

Como importante gramínea tropical, o capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv Marandu) se destaca nos sistemas de produção de bovinos em virtude de seu potencial de produção e aceitabilidade pelos bovinos (PIRES, 2006). Somado a isso, diversos trabalhos relatam a boa resposta dessa gramínea à adubação nitrogenada (ALVIM et al., 1990; GUTIÉRREZ et al., 1990; DELEVATTI et al., 2019). A produção média anual do capim-marandu varia de 12 a 20 t MS/ha, com teor de PB entre 7 e 15% e digestibilidade *in vitro* da MS entre 65 e 72% (COSTA et al., 2001).

A hipótese desta pesquisa foi a de que a introdução de amendoim forrageiro em pastos de capim-marandu aumenta o valor nutritivo da forragem e proporciona suprimento de N suficiente para incrementar a massa de forragem.

O estudo teve como objetivo avaliar a massa e composição química da forragem em pastagens de capim-marandu, fertilizados com N ou em consórcio com amendoim forrageiro.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

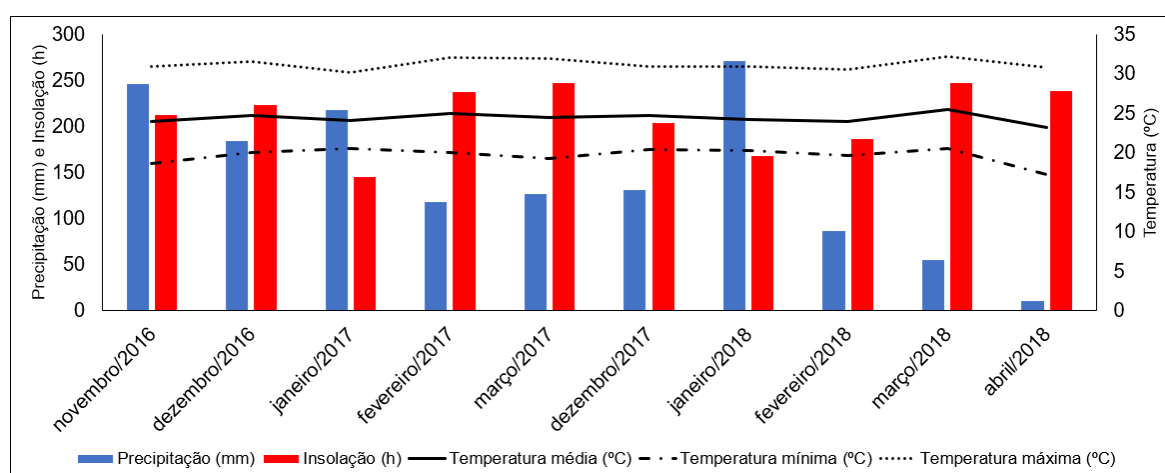
### 2.1. Caracterização do local de origem dos dados

O experimento foi aprovado no conselho de ética e uso de animais em experimentação animal da UNESP, Campus Jaboticabal, sob protocolo 10356/14.

O estudo foi conduzido no Setor de Forragicultura e Pastagens da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, pertencente à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCAV/UNESP), situada no município de Jaboticabal/SP. O local apresenta latitude de 21°14'05” S, longitude de 48°17'09” W e 615 m de altitude.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo vermelho-escuro eutrófico, de textura argilosa, horizonte A moderado, com relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2013). O clima da região, conforme o sistema de Köppen, é do tipo Aw (tropical, caracterizado por invernos secos). De acordo com UNESP/FCAV (2018), a temperatura média anual na cidade de Jaboticabal-SP é de 22,7°C, sendo mínima de 17,1°C e máxima de 30,1°C, com precipitação média anual de 1206,5 mm no período de 1971 a 2010. Os dados meteorológicos foram mensurados diariamente durante o experimento, calculando-se as médias mensais de cada variável climática (Figura 2).

Os dados foram coletados durante os períodos experimentais da estação chuvosa de dois anos de avaliação (2016/2017 e 2017/2018), nos períodos compreendidos entre novembro/2016 a março/2017 e de dezembro/2017 a abril/2018.



**Figura 2.** Dados climáticos durante o período experimental, em Jaboticabal-SP. Fonte: Estação Agroclimatológica UNESP/FCAV (2018).

## 2.2. Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com 3 tratamentos e 7 repetições para as variáveis relacionadas ao animal e 4 para as variáveis relacionadas à forragem. Os tratamentos constaram de: (CONTROLE) pastos de capim-marandu sem fonte nitrogenada; (ADUBADO) pastos de capim-marandu com fonte nitrogenada (150 kg N ha<sup>-1</sup>ano); e (CONSORCIADO) pastos de capim-marandu consorciado com amendoim forrageiro. A unidade experimental foi o animal para avaliação emissão de metano, consumo e balanço de nitrogênio, sendo 7 animais por tratamento. Enquanto para as variáveis de massa e composição química, a unidade experimental foi o piquete, sendo 4 piquetes por tratamento.

A área total experimental foi de 4,0 hectares, sendo 2,56 ha destinados à área reserva e 1,44 ha destinados aos tratamentos e repetições. Esta área foi dividida em 12 piquetes, subdivididos em 3 unidades cada, com área aproximada de 400 m<sup>2</sup>, manejadas com base nas metas de pastejo detalhadas a seguir.

## 2.3. Implantação das culturas

A semeadura do capim-marandu [*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu [syn. *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. D. Webster cv. Marandu]] foi realizada em sistema de plantio direto, em novembro de 2014, à profundidade de 0,03 m, com espaçamento de 0,45 m entre linhas, sendo utilizadas 28 sementes por metro ( $\pm 10$  kg de sementes ha<sup>-1</sup>), conforme Kluthcouski et al. (2000). No tratamento do capim consorciado com a leguminosa, foi semeado o amendoim forrageiro (*Arachis pintoii* cv. Amarillo) simultaneamente nas entrelinhas do capim-marandu, à mesma profundidade, utilizando-se 8 sementes por metro ( $\pm 10$  kg de sementes ha<sup>-1</sup>), conforme Carvalho (2009). Nos dois anos subsequentes foi realizado o plantio de mudas de amendoim forrageiro objetivando aumentar o estande de leguminosas no tratamento consorciado.

Na adubação de implantação do capim-marandu, utilizou-se 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 40 kg de N ha<sup>-1</sup> e 20 kg de S ha<sup>-1</sup>. Na adubação de implantação do consórcio utilizou-se 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 30 kg de S ha<sup>-1</sup> e 60 kg de micronutrientes ha<sup>-1</sup>.



No tratamento de capim-marandu adubado, foram aplicados 150 kg N ha<sup>-1</sup> ano, através do fertilizante ureia (45% N), fracionados em 3 aplicações à lanço (10/nov/2016; 10/jan/2017 e 10/mar/2017 no primeiro ano experimental e 14/nov/2017; 15/jan/2018 e 25/mar/2018 no segundo ano).

As adubações de manutenção de todos os tratamentos com P e K nos dois anos experimentais foram determinadas com base nos resultados obtidos nas análises de solo, realizadas em julho de 2016 e de 2017 (Tabela 2), seguindo a recomendação do Boletim Técnico 100 (VAN RAIJ et al., 1997).

**Tabela 2.** Análise química do solo de pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha<sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro ou sem adubação nitrogenada (controle) (2017).

Tratamento	P	S	M.O.	pH	K	Na	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg/dm <sup>3</sup>	g/dm <sup>3</sup>	g/dm <sup>3</sup>	CaCl <sub>2</sub>					mmolc/dm <sup>3</sup>				%	
Aadubado	10	7	31	5,7	3,1	NS	34	10	27	0	47,1	74,0	64	1
Consórcio	7	13	36	5,4	4,2	NS	31	9	38	0	44,0	82,1	54	0
Controle	8	10	33	5,6	5,3	NS	28	9	32	0	41,5	73,4	57	1

P = fósforo; S = enxofre; MO = matéria orgânica; pH = acidez (água); K = potássio; Na = sódio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = hidrogênio somado ao alumínio; Al = alumínio; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; m = saturação por alumínio. Laboratório Athenas, Jaboticabal - SP.

Nos piquetes experimentais e reservas, a adubação fosfatada foi realizada mediante fertilizante superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), em quantidade total de 322 kg ano<sup>-1</sup>, enquanto a adubação potássica foi feita através do fertilizante cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O), com 120 kg ano<sup>-1</sup>. As adubações de manutenção foram realizadas uma vez ao ano, nos dias 10/nov/2016 e 14/nov/2017, no primeiro e segundo anos experimentais, respectivamente.

#### 2.4. Manejo da pastagem e animais

No primeiro ano experimental, foram utilizadas 21 novilhas mestiças (SRD) com aptidão leiteira, não lactantes e com peso médio de 300 kg e no segundo, foram 26 novilhas do mesmo padrão genético, com peso médio de 270 kg.

O método de pastejo adotado foi o de lotação intermitente, com taxa de lotação variável, segundo a técnica *mob stocking* (ALLEN et al., 2011), que consiste na alta pressão de pastejo por um curto período de tempo a fim de remover a forragem rapidamente. O pastejo era iniciado quando o capim-marandu atingia 95% de interceptação luminosa (IL), que segundo Pedreira et al. (2007) corresponde à IL que propicia a maior produtividade de forragem e valor nutritivo. A taxa de lotação foi ajustada de forma que o período de ocupação fosse de 1 dia por piquete, tendo como meta a altura de resíduo média de 15 cm.

A IL foi medida com o auxílio de aparelho analisador de dossel marca LI-COR, modelo LAI-2200 (LI-COR®, Lincoln, Nebraska, USA), cujo funcionamento foi descrito por Welles & Norman (1991) e que permite leituras rápidas e não destrutivas. Foram utilizadas 12 estações de leitura por piquete, sendo uma tomada acima do dossel e onze tomadas sob o dossel próximas ao nível do solo. Nas condições do experimento, a altura média correspondente à IL de 95% no capim-marandu foi de 30 cm que, segundo Pereira et al. (2017), corresponde à altura ideal para o manejo do capim-marandu consorciado com amendoim forrageiro.

As novilhas foram pesadas no início e no final de cada ciclo, e o ajuste da carga animal por tratamento foi feito com base no peso médio. Os piquetes-reserva de capim-marandu adubados com N, P e K foram destinados à permanência dos animais quando não estavam em período experimental.

## **2.5. Amostragem e análises**

### **2.5.1. Taxa de acúmulo de forragem**

Para determinação do acúmulo de forragem, antes e após o pastejo foram medidos dezesseis pontos de altura do capim-marandu ao acaso com auxílio de uma bengala graduada, seguindo a metodologia de Barthram (1985). A partir da altura média, foram coletadas duas amostras representativas de capim por piquete. Tal procedimento foi realizado mediante corte à 5 cm do solo de toda forragem contida em uma moldura metálica de 0,25 m<sup>2</sup>.

A partir das massas pré e pós pastejo, a taxa de acúmulo de forragem foi determinada pelo método agrônômico da diferença, em equação proposta por Campbell (1966) (Equação 3, adaptada):

$$TAF_i \text{ (kg MS ha}^{-1} \text{ dia)} = \frac{G_j - F_i}{n} \quad (3)$$

em que TAF<sub>j</sub> corresponde à taxa de acúmulo de matéria seca diária no período i; G<sub>i</sub>, à massa seca pré-pastejo do ciclo de pastejo j; F<sub>i</sub>, à massa seca pós-pastejo do ciclo de pastejo em questão; e n, ao período de descanso.

### 2.5.2. Desaparecimento de forragem

Para determinação do desaparecimento de forragem, utilizou-se a mesma metodologia de corte da massa pré e pós pastejo descrita no item anterior.

As perdas de forragem foram determinadas de acordo Cecato et al. (2001) utilizando-se molduras metálicas de 0,25m<sup>2</sup>. A área era limpa antes da entrada dos animais e, após a saída dos mesmos, era retirada toda a matéria seca de plantas mortas presente acima da superfície do solo, bem como as porções de tecido de forragem senescente na estrutura das plantas (ou seja, a liteira).

Por diferença de massa pré e pós pastejo do mesmo ciclo de pastejo e descontando-se as perdas de forragem, estimou-se o consumo pelos animais, seguindo a fórmula (Equação 4):

$$C = (Q_1 - (Q_2 + P)) / (\text{número de animais} \times \text{dias de pastejo}) \quad (4)$$

em que C corresponde ao consumo (kg MS dia<sup>-1</sup>); Q<sub>1</sub> à quantidade de forragem anterior ao pastejo; Q<sub>2</sub> à quantidade de forragem após a retirada dos animais e P às perdas de forragem.

### 2.5.3. Massa de forragem, composição morfológica e botânica

A partir dos cortes pré e pós pastejo, cada amostra de forragem foi subdividida em duas subamostras, sendo uma para uma para determinação do teor de matéria seca (MS) e outra para determinação da composição morfológica da forragem, fracionada em colmo + bainha, lâmina foliar e material morto. No material referente ao consórcio, as amostras também foram separadas quanto à composição botânica (gramínea e leguminosa). Posteriormente, todas subamostras e suas frações foram pesadas e secas em estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas e pesadas novamente para obtenção dos teores de MS e da composição morfológica da forragem.

A massa de forragem total foi calculada com base na massa de MS dos componentes morfológicos (GIMENES et al., 2011).

A oferta de forragem (OF; kg MS 100kg<sup>-1</sup> PC) foi calculada através da seguinte equação (5):

$$OF = \frac{MF}{Carga\ animal/100} \quad (5)$$

onde MF corresponde à massa de forragem pré-pastejo (kg MS ha<sup>-1</sup>) e carga animal, ao somatório de PC dos animais no piquete (kg PC ha<sup>-1</sup>).

A oferta de folhas, por sua vez, foi calculada através da multiplicação da oferta de forragem pelo percentual de folhas do piquete previamente estimado.

#### **2.5.4. Composição química da forragem**

Para avaliar a composição química da forragem consumida, foram feitas coletas de forragem simulando o pastejo dos animais a cada repetição e em todos os ciclos de pastejo, pelo método *hand-plucking* (HALLS, 1956). A amostragem foi feita a partir da observação do comportamento animal em pastejo e posterior coleta de uma amostra representativa da ingestão dos animais durante o período de ocupação, imediatamente após a entrada dos animais no piquete.

As amostras coletadas foram identificadas e levadas ao laboratório. Após pesadas, foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas e pesadas novamente para determinação da MS. Em seguida, foram processadas em moinho do tipo Willey, com peneira de malha de 1 mm.

Após moídas, as amostras foram submetidas às análises bromatológicas, seguindo as metodologias empregadas pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT) (DETMANN et al., 2012). Dessa forma, os componentes químicos analisados foram os seguintes: N total (proteína bruta) pelo método de Kjeldahl (método INCT-CA N-001/1); constituintes da fração fibrosa, como fibra insolúvel em detergente neutro (FDN; método INCT-CA F-001/1), fibra em detergente ácido (FDA; método INCT-CA F-003/1), ambos pelo método de analisador de fibras ANKOM (ANKOM Technology, EUA) e lignina pelo método da hidrólise ácida (INCT-CA F-005/1); cinzas (INCT-CA M-001/1) e extrato etéreo pelo método de Goldfish (INCT-CA G-004/1).

Os teores de matéria orgânica (MO), hemicelulose e lignina foram calculados conforme equações abaixo (6, 7 e 8).

$$MO = 100 - \%cinzas \quad (6)$$

$$Hemicelulose = \%FDN - \%FDA \quad (7)$$

$$Celulose = \%FDA - \%Lignina \quad (8)$$

As frações dos carboidratos da forragem foram obtidas a partir das equações (9, 10 e 11) propostas por Sniffen et al. (1992), respectivamente para carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT).

$$CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM) \quad (9)$$

$$CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%FDN_{cp} + \%MM) \quad (10)$$

$$NDT = PB_{ad} + CNF_{ad} + FDN_d + 2,25 \times EE_{ad} \quad (11)$$

em que  $FDN_{cp}$  corresponde ao FDN corrigido para cinzas e proteína; “ad” corresponde às frações aparentemente digestíveis e “d” à digestível.

A fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) foi determinada mediante incubação *in situ* de amostras de pastejo simulado e de fezes acondicionadas em sacos de filtro modelo F-57 da marca ANKOM, dispostos no rúmen de animais fistulados por 240 horas, conforme sugerido por Casali et al. (2008). Após devidamente lavados, secos em estufa de ventilação forçada de 55°C por 72 horas e na sequência em estufa não-ventilada de 105°C por 45 minutos, foram pesados para obtenção da MS indigestível. Posteriormente a este processo, os sacos foram submetidos à extração com detergente neutro através do analisador de fibras ANKOM e todo o procedimento de secagem foi repetido para quantificação da FDNi, conforme metodologia de Detmann et al. (2001) (INCT-CA F-008/1).

O fracionamento da proteína foi determinado segundo Sniffen et al. (1992), sendo os valores estimados em porcentagem da PB (%PB). A fração A foi obtida mediante análise da amostra em ácido tricloroacético (TCA) para extração do N solúvel (DETMANN et al., 2012) e posteriormente calculada pela diferença entre o teor de N total e o de nitrogênio não proteico (NNP) (SNIFFEN et al., 1992).

A fração B3 foi calculada pela diferença entre a proteína insolúvel em detergente neutro (N-FDN) e a proteína insolúvel em detergente ácido (N-FDA). A fração C, por sua vez, foi considerada como o nitrogênio insolúvel em detergente ácido

(N-FDA), ambas descritas por Sniffen et al. (1992). Por fim, a fração B1+B2 (proteína verdadeira) foi calculada como a diferença entre o N total e as demais frações ( $B1+B2 = N \text{ total} - (A + B3 + C)$ ).

## 2.6. Análise estatística das variáveis avaliadas

Inicialmente os dados foram analisados quanto à homocedasticidade e normalidade dos resíduos, utilizando os testes de BoxCox e de Cramer-von Mises, respectivamente, do programa R (R CORE TEAM, 2018). A análise das variâncias (ANOVA) foi conduzida utilizando procedimento considerando o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, com medidas repetidas no tempo utilizando o pacote lme do R. A melhor estrutura de covariância foi selecionada utilizando o critério de Akaike corrigido (AICc). Os tratamentos e ciclos foram considerados efeitos fixos e as repetições (piquetes), efeitos aleatórios. O modelo matemático foi o seguinte:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

onde  $y_{ijk}$  = valor observado na unidade experimental que recebeu o tratamento  $i$ , repetição  $j$ , e nível de fator  $k$ ;  $\mu$  = efeito geral da média;  $\alpha_i$  = efeito do tratamento;  $\beta_j$  = efeito do nível do fator com repetição  $j$ ;  $\beta_{ij}$  = efeito da interação do tratamento com o nível do fator;  $\varepsilon_{ij}$  = erro aleatório (resíduo).

Quando a ANOVA foi significativa para tratamentos, as médias dos três tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey-HSD a 5% de probabilidade e, quando foi significativa entre os ciclos de pastejo, contrastes polinomiais ortogonais foram utilizados para identificar o efeito dos ciclos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Massa de forragem

Os resultados obtidos no experimento referentes à massa de forragem nas condições pré e pós pastejo, oferta de forragem e de folhas e à taxa de lotação dos três tratamentos nos 5 ciclos de pastejo estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Massa de forragem, oferta de forragem e taxa de lotação em pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha<sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de 2 anos de avaliação de 5 ciclos de pastejo (n = 40).

Ciclos	Tratamentos			Média	EPM	p-valor
	Adubado	Consórcio	Controle			
<b>Massa de forragem pré-pastejo (kg MS ha<sup>-1</sup>)</b>						
1	5530	3847	4147	4508	267	ns
2	5014	3838	5633	5027	376	ns
3	6879	4322	4026	5076	432	ns
4	6556	3810	5029	5130	358	ns
5	7656	4155	4852	5569	621	ns
<b>Média</b>	6327 a	4012 b	4740 ab	5061	191	0,004
<b>EPM</b>	382	223	309	-	-	
<b>Efeito</b>	ns	ns	ns	ns		
<b>Massa de forragem pós-pastejo (kg MS ha<sup>-1</sup>)</b>						
1	4124	3206	3594	3641	226	ns
2	4358	3429	3073	3425	179	ns
3	4451	3594	4314	4120	314	ns
4	4381	3459	3723	3749	238	ns
5	5795	3518	4724	4679	380	ns
<b>Média</b>	4659 a	3440 b	3864 b	3951	128	0,0002
<b>EPM</b>	248	154	235	-	-	
<b>Efeito</b>	ns	ns	ns	ns		
<b>Oferta de forragem (kg MS 100 kg<sup>-1</sup> PC)</b>						
1	7,7	6,4	5,4	6,5	0,5	ns
2	10,1	7,1	5,3	7,6	0,7	ns
3	7,0	6,4	6,5	6,6	0,6	ns
4	11,6	5,3	6,2	7,7	1,2	ns
5	8,6	5,7	7,8	7,4	0,8	ns
<b>Média</b>	8,2 a	5,9 b	6,2 b	7,1	0,3	0,0001
<b>EPM</b>	0,8	0,4	0,5	-	-	
<b>Efeito</b>	ns	ns	ns	ns		
<b>Oferta de folhas (kg MS 100 kg<sup>-1</sup> PC<sup>-1</sup>)</b>						
1	2,0	1,3	0,9	1,4	0,2	ns
2	1,9	1,1	0,6	1,2	0,1	ns
3	1,4	1,3	0,8	1,2	0,1	ns
4	2,1	0,9	1,0	1,3	0,2	ns

<b>5</b>	1,2	0,7	0,8	0,9	0,2	ns
<b>Média</b>	1,5 a	1,1 ab	0,8 b	1,2	0,1	0,02
<b>EPM</b>	0,2	0,1	0,1	-	-	
<b>Efeito</b>	ns	ns	ns	-		
<b>Taxa de lotação (UA ha<sup>-1</sup>)</b>						
<b>Ciclo 1</b>	4,7	4,5	5,6	4,9	0,3	ns
<b>Ciclo 2</b>	3,6	3,2	3,7	3,5	0,1	ns
<b>Ciclo 3</b>	4,5	4,1	4,2	4,2	0,1	ns
<b>Ciclo 4</b>	3,6	3,4	3,5	3,5	0,1	ns
<b>Ciclo 5</b>	4,5	3,5	3,7	3,7	0,1	ns
<b>Média</b>	4,0 a	3,8 a	4,1 a	4,0	0,1	0,10
<b>EPM</b>	0,1	0,1	0,2	-	-	
<b>Efeito</b>	linear	linear	linear			

Erro padrão da média (EPM), não significativo (ns), peso corporal (PC). Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey-HSD ( $p < 0,05$ ).

A massa de forragem (MF) pré-pastejo foi significativamente superior no tratamento adubado (6327 kg MS ha<sup>-1</sup>) em relação ao tratamento consorciado (4012 kg MS ha<sup>-1</sup>) ( $p < 0,05$ ), sendo que ambos não diferiram do controle (4740 kg MS ha<sup>-1</sup>) (Tabela 3). Com base na proporção de amendoim na composição botânica do tratamento consorciado (Figura 3), obteve-se 360 kg MS ha<sup>-1</sup> de MF de amendoim forrageiro em pré-pastejo. Não houve efeito de ciclo de pastejo na MF ( $p > 0,05$ ).

Segundo Boddey et al. (2004) e Andrade (2013), o N consiste no nutriente que mais limita a produtividade das pastagens e que ao mesmo tempo incrementa a produção de MS por aumentar a emissão de folhas novas e favorecer o crescimento das plantas. Nesse sentido, Malavolta (2006) explica que o N exerce importante função no desenvolvimento de perfilhos e, conseqüentemente, na produção de massa seca, uma vez que faz parte das proteínas e ácidos nucleicos, os quais participam ativamente da síntese de compostos orgânicos que formam a estrutura do vegetal.

Neste estudo, é evidente que o aporte de N promovido pela adubação nitrogenada resultou em aumento na MF quando comparado aos demais tratamentos. Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores, com melhorias na estrutura do pasto e aumento da produção de biomassa mediante utilização de adubação nitrogenada (COSTA et al., 2009; FLORES et al., 2008; MESQUITA et al., 2010). A MF do tratamento que recebeu 150 kg N ha<sup>-1</sup> foi próxima de 6345 kg ha<sup>-1</sup> e



6436 kg ha<sup>-1</sup>, sob aplicações de 90 e 180 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente, observadas por Delevatti et al. (2019).

Por outro lado, diferentemente do esperado, o aporte de N proporcionado pela FBN das leguminosas não foi suficiente para promover incrementos na MF pré-pastejo, cuja média foi similar à obtida no tratamento controle. Nesse estudo, portanto, os resultados diferem dos trabalhos de Gonçalves & Costa (1994), Ibrahim & t' Mannelje (1998) e de Paciullo et al. (2003), que encontraram aumento significativo na MF das pastagens consorciadas quando comparadas ao cultivo exclusivo de gramíneas. A média de MF do consorciado ainda foi inferior à verificada por Pereira (2015), de 9373 kg MS ha<sup>-1</sup> de MF total pré-pastejo em pastos de capim-marandu consorciados com *A. pintoi* cv Mandobi manejados à 95% IL, sendo 1924 kg MS ha<sup>-1</sup> referentes à massa da leguminosa, valor também superior ao desse estudo. Tais resultados evidenciaram, portanto, o efeito do N promovido pela FBN na massa de forragem.

Assim como na MF pré-pastejo, a MF pós-pastejo foi significativamente maior no tratamento adubado em comparação ao consorciado e ao controle ( $p < 0,05$ ), com médias de 4659; 3440 e 3864 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 3). No tratamento consorciado, obteve-se 191 kg MS ha<sup>-1</sup> de MF de amendoim forrageiro em pós-pastejo. Também não houve efeito de ciclo de pastejo para esta variável.

As médias seguiram praticamente a mesma ordem das médias de MF em pré-pastejo, provavelmente evidenciando que o consumo nas três condições foi o mesmo. Em estudo conduzido por Pereira (2015), a MF total foi de 5119 kg MS ha<sup>-1</sup> em pastos de capim-marandu consorciados com amendoim forrageiro manejados a 95% de IL, sendo 558 kg MS ha<sup>-1</sup> referente à leguminosa. Na condição do experimento de Pereira (2015), os dosséis apresentavam aproximadamente 80% de gramínea e 20% de leguminosa, composição botânica acima dos 16% desta pesquisa (Figura 3).

A oferta de forragem foi afetada pelos tratamentos ( $p < 0,05$ ), sendo estatisticamente superior no adubado (8,2 kg MS 100kg<sup>-1</sup> PC) em comparação ao consorciado (5,9 kg MS 100kg<sup>-1</sup> PC) e ao controle (6,2 kg MS 100kg<sup>-1</sup> PC) (Tabela 3). Não foi verificado efeito de ciclo para oferta de forragem.

Os resultados de oferta de forragem seguem o comportamento das MF dos tratamentos, evidenciando que os pastos com maior MF pré-pastejo proporcionaram

maior oferta de forragem aos animais e vice-versa. Nas três situações, as ofertas variaram de 5,9 a 8,2% PC, valores esses inferiores aos encontrados por Machado et al. (2008), entre 8 e 12% PC, que representa cerca de quatro vezes o consumo dos animais e permite máximo consumo de folhas verdes do pasto e, conseqüentemente, máximo desempenho individual de animais em pastejo. As ofertas estão, por outro lado, acima do limite mínimo proposto por Schio et al. (2011), de 5% PC, insuficiente para manter uma disponibilidade de forragem constante aos animais em pastejo. Comparativamente, as três médias estão inferiores às observadas por Flores et al. (2008), de 11,5; 15,0 e 22,2 kg MS 100 kg<sup>-1</sup> PC, em pastos de capim-marandu e xaraés manejados à 15, 25 e 40 cm de altura, respectivamente.

Segundo Da Silva e Pedreira (1997), altas ofertas de forragem resultam em perdas excessivas que reduzem a produtividade das pastagens, visto que geram níveis de utilização de apenas um terço da forragem ofertada, o que não é o caso dos pastos deste estudo.

A oferta de folhas foi significativamente superior no tratamento adubado (1,5 kg MS 100 kg<sup>-1</sup> PC) em relação ao controle (0,8 kg MS 100 kg<sup>-1</sup> PC) ( $p < 0,05$ ), sendo que ambos não diferiram do consorciado (1,1 kg MS 100 kg<sup>-1</sup> PC) (Tabela 3). Também não houve efeito de ciclo de pastejo para oferta de folhas.

Conforme já comentado anteriormente, por se tratar do nutriente responsável pela emissão de folhas novas, o N proveniente da adubação nitrogenada proporcionou maior aporte e condições nutricionais favoráveis ao aparecimento e desenvolvimento de perfilhos, o que, segundo Bonfim-da-Silva e Monteiro (2006), contribui efetivamente para o aumento da produção de folhas e explica a maior oferta desse componente obtida no tratamento adubado, similar à encontrada por Cecato et al. (2004) e Flores et al. (2008). Tais autores alegam que essas diferenças na oferta de folhas verdes podem refletir em diferenças no ganho de peso de novilhas em recria.

Verificou-se oferta de folhas estatisticamente semelhante nos tratamentos adubado e consorciado, e este tipo de resposta sugere que, embora o tratamento consorciado tenha apresentado massa de forragem pré e pós pastejo, bem como oferta de forragem inferiores ao adubado, o aporte de N promovido pela FBN da leguminosa foi suficiente para proporcionar maior emissão de folhas, mediante reciclagem ou transferência de N para as gramíneas. Nesse sentido, Casagrande et

al. (2011) relatam que a maior oferta de folhas é importante nos sistemas de pastejo na medida em que reflete melhor a qualidade de forragem à disposição dos animais. Isso se associa ao maior valor nutritivo e maior preferência dos animais por esse componente morfológico em relação aos colmos.

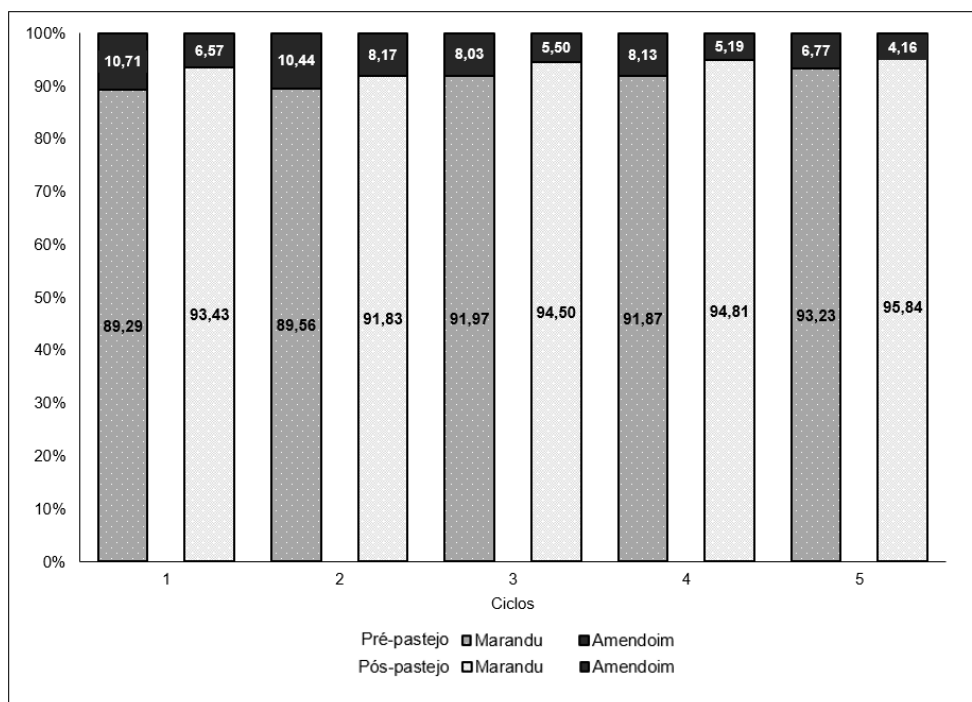
A taxa de lotação foi estatisticamente similar ( $p > 0,05$ ) em pastos de capim-marandu fertilizados com ureia, consorciados com amendoim forrageiro ou sem adubação, cujas médias foram 4,0; 3,8 e 4,1 UA ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 3). O efeito de ciclo pastejo foi linear nas três condições experimentais.

Neste estudo o manejo dos animais adotado seguiu a técnica *mob stocking* proposta por Allen et al. (2011), sendo que a taxa de lotação foi ajustada com base na oferta de forragem de cada piquete, de modo que o período de ocupação por piquete fosse de 1 dia e tendo como meta 15 cm de altura média de resíduo. Além disso, a eficiência de pastejo foi de aproximadamente 50%, uma vez que a altura média de entrada foi 28 cm. Desta forma, os dados sugerem que, mesmo com a maior oferta de forragem e de folhas proporcionadas pela adubação nitrogenada, a carga animal foi proporcionalmente semelhante nos três tratamentos, evidenciando, também com base nos valores de MF pré e pós pastejo, que o ajuste da taxa de lotação foi manejado corretamente.

Em trabalho realizado por Barbero et al. (2010), verificaram-se taxas de lotação superiores às nossas em pastos de *coastcross* consorciados com amendoim forrageiro, de 8,3 UA ha<sup>-1</sup>, e em pastos de *coastcross* adubados com 200 kg N ha<sup>-1</sup> ano, de 5,4 UA ha<sup>-1</sup>, durante o verão, e também verificaram interação significativa entre tratamento e época do ano, ou seja, a taxa de lotação foi superior no verão em relação à primavera/outono e ao inverno. Os autores justificaram este resultado em função das melhores condições para manutenção de elevada taxa de lotação nas pastagens no verão, época na qual as características climáticas são ideais para o desenvolvimento das forrageiras, especialmente tropicais.

### **3.2. Composição botânica dos pastos consorciados**

A Figura 3 apresenta as proporções de capim-marandu e de amendoim forrageiro em cada ciclo de pastejo nas condições pré e pós pastejo.



**Figura 3.** Composição botânica de capim-marandu consorciado com amendoim forrageiro nas condições pré e pós-pastejo.

Em média, os pastos consorciados foram compostos por 91,2% de gramínea e 8,8% de leguminosa nas condições pré-pastejo, e por 94,1% e 5,9%, respectivamente, nas condições pós-pastejo. É possível verificar que os dois primeiros ciclos de pastejo apresentaram, em média, maiores proporções de amendoim forrageiro em comparação aos demais antes da entrada dos animais e após a saída dos mesmos, caracterizando, possivelmente, um consumo maior da leguminosa nesses ciclos.

Resultados de composição diferentes foram encontrados por Pereira (2015), também em pastos de capim-marandu consorciados com amendoim forrageiro cv. Mandobi e manejados a 95% de IL, sendo compostos por 79,5% de gramínea e 20,5% de leguminosa em pré-pastejo, e 89,1% e 10,9%, respectivamente, em pós-pastejo. Neste caso, verificou-se que, além da maior participação do amendoim forrageiro no dossel, houve maior consumo dos animais pela leguminosa quando comparado a este estudo. Cabe ressaltar que, ao final do experimento de Pereira (2015), os pastos consorciados já estavam formados há 7 anos, comparados a 4 anos deste, sendo essa uma possível justificativa à maior participação do amendoim forrageiro no dossel.

Segundo Casagrande et al. (2014), a compatibilidade da leguminosa é determinada pelo hábito de crescimento e manejo do pastejo (desfolhação) e do pasto. As estratégias de manejo de pastos consorciados devem visar a capacidade de rebrotação e a elasticidade da estrutura do dossel, de modo que a recuperação de ambas as espécies seja vigorosa e persistente após o pastejo. Outro ponto a ser considerado é que, devido ao hábito de crescimento estolonífero do amendoim forrageiro, o consumo pelo animal pode ser dificultado, uma vez que os estolões em crescimento horizontal ficam bem próximos ao solo. Somado a isso, Silva (2008) alega que os animais apresentam menor preferência e aceitabilidade da leguminosa em relação às gramíneas.

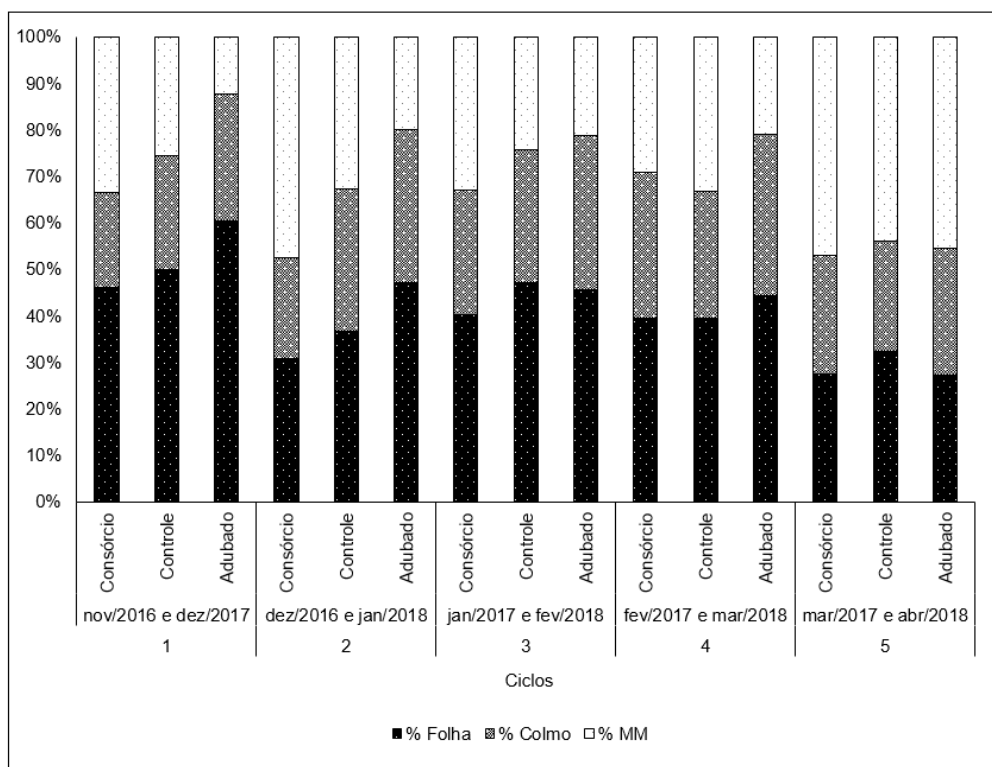
Alguns autores ainda relatam que consórcios constituídos por amendoim forrageiro contribuem para melhoria da qualidade da forragem (SIMON, 1993; PARIS et al., 2008) e na manutenção do ecossistema (MUIR et al., 2011), porém o estabelecimento lento dessas leguminosas e as dificuldades de manejo podem comprometer a composição botânica e a persistência desses pastos (PERIN et al., 2000; CASTILHO, 2001).

O manejo da desfolhação e o consumo de forragem pelos animais são os principais fatores determinantes do balanço e contribuição de cada componente botânico nos pastos consorciados (TAMELE et al., 2017), na medida em que afetam a distribuição vertical do dossel e, conseqüentemente, a persistência da leguminosa (BLACK et al, 2009). Pereira et al. (2017) reportam que períodos curtos de descanso em pastos consorciados promovem maior população da leguminosa, por exemplo quando o manejo adotado é de 90% de interceptação luminosa (IL), quando comparados a períodos maiores, de 100% de IL, que limitam o consumo potencialmente devido à maior alongação do colmo.

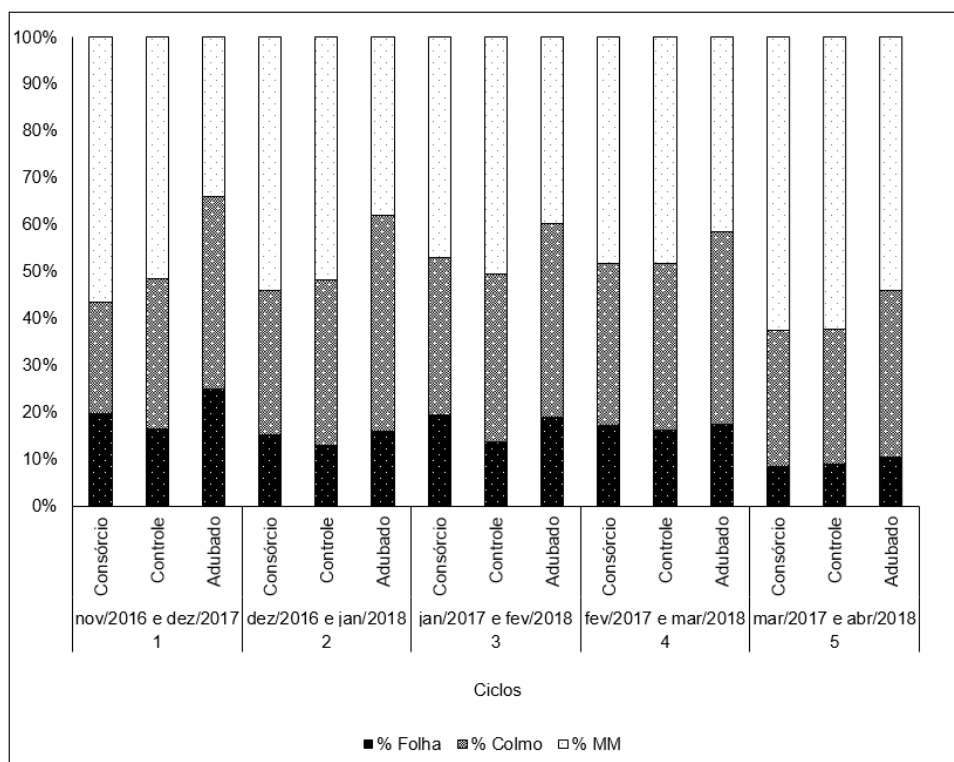
Neste estudo, a sementeira do amendoim forrageiro foi feita simultaneamente ao capim-marandu, em novembro de 2014, e nos dois anos subsequentes foi realizado o plantio de mudas de amendoim forrageiro nos pastos objetivando aumentar o estande de leguminosas no tratamento consorciado. Ainda assim, a baixa proporção de leguminosas nos pastos consorciados do presente estudo pode ser, em parte, justificada pelo lento estabelecimento, difícil persistência da planta e ainda, pelo baixo consumo do amendoim pelos animais.

### 3.3. Composição morfológica dos pastos

As figuras 4 e 5 e a tabela 4 apresentam as proporções de folha, colmo + bainha e material morto (MM) dos pastos de capim-marandu adubados, consorciados com amendoim forrageiro e não adubados, nas condições pré e pós-pastejo, respectivamente. Não houve efeito de ciclo de pastejo para estas variáveis.



**Figura 4.** Composição morfológica de pastos de capim-marandu fertilizados com ureia ( $150 \text{ kg N ha}^{-1}$ ), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle) nas condições pré-pastejo. Médias dos dois anos experimentais.



**Figura 5.** Composição morfológica de pastos de capim-marandu fertilizados com ureia ( $150 \text{ kg N ha}^{-1}$ ), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle) nas condições pós-pastejo. Médias dos dois anos experimentais.

**Tabela 4.** Composição morfológica de pastos de capim-marandu fertilizados com ureia ( $150 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}$ ), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de 2 anos de avaliação de 5 ciclos de pastejo ( $n = 40$ ).

Item	Tratamentos			EPM	p-valor
	Adubado	Consórcio	Controle		
<b>Pré-pastejo (%)</b>					
Folhas	44,93 a	34,33 b	41,11 a	0,01	0,04093
Colmo + bainha	30,95 a	23,38 b	26,91 ab	0,01	< 0,0001
Material Morto	24,12 b	34,84 a	31,98 a	0,01	< 0,0001
Efeito de ciclo	ns	ns	ns		
<b>Pós-pastejo (%)</b>					
Folhas	17,49 a	15,91 ab	13,61 b	0,01	< 0,0001
Colmo + bainha	41,06 a	30,41 b	33,49 b	0,01	< 0,0001
Material Morto	41,45 b	53,68 a	52,90 a	0,01	< 0,0001
Efeito de ciclo	ns	ns	ns		

Erro padrão da média (EPM), não significativo (ns). Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey-HSD ( $p < 0,05$ ).

Nas condições pré-pastejo, a proporção de folhas foi significativamente superior ( $p < 0,05$ ) no tratamento adubado (44,93%) e no controle (41,11%), em relação ao consorciado (34,33%). Por outro lado, nas condições pós-pastejo, a proporção de folhas foi significativamente ( $p < 0,05$ ) superior no adubado (17,49%), em relação ao controle (13,61%), e ambos semelhantes ao consorciado (15,91%) (Tabela 4).

Sabe-se que o N proveniente da adubação nitrogenada, quando em disponibilidade às plantas e em condições climáticas favoráveis, promove rápido aumento da produção e expansão de lâminas foliares após o pastejo, de forma a repor os tecidos fotossintéticos e recuperar as plantas rapidamente (LANGER, 1979; HILL & WATSON, 1989). Cecato et al. (1985) acrescentam que o N quando aplicado é absorvido pelas plantas forrageiras e se une às cadeias carbonadas, de modo a incrementar a formação de novos tecidos e novos perfilhos e, conseqüentemente, elevar o índice de área foliar responsável por aumentar a produção de MS. Ainda, Cecato et al. (2004) alegam que é de se esperar que a adubação nitrogenada aumente a produção de folhas, assim como aumenta a de MF, como também foi verificado por Costa et al. (2009), Flores et al. (2008) e Mesquita et al. (2010).

Nas condições pré-pastejo, Flores et al. (2008) encontraram médias inferiores às nossas, de 26,4; 28,6 e 34,1% de folhas em pastos de capim-marandu e xaraés não adubados e manejados a 15, 25 e 40 cm, respectivamente. Os resultados também diferem de Molan (2004), que verificou média de 28,4% de folhas em pastos não adubados de capim-marandu manejados em diferentes alturas.

É importante destacar que nas condições pré-pastejo, todos os tratamentos apresentaram maior proporção de folhas em relação à colmo + bainha e material morto na forragem produzida, componentes que dificultam a capacidade de apreensão pelos animais em pastejo, podendo restringir o consumo (DIFANTE et al., 2011). Nesse sentido, Poppi et al. (1997) reportam que a maior proporção de folhas pode conferir ao alimento consumido pelos animais maior degradabilidade e menor tempo de retenção no rúmen, o que possibilita maior consumo à longo prazo.

Resultados diferentes foram encontrados por Andrade (2013), que verificou semelhança da massa de lâminas foliares de pastos de capim-elefante adubados com N e consorciados com amendoim forrageiro de, respectivamente, 37,5% e 42,8% em condições de pré-pastejo e de 25,7% e 31,6% em condições de pós-pastejo. Cabe



ressaltar que se trata de uma gramínea de hábito de crescimento cespitoso, que pode atingir de 3 a 5 m de altura. Nesse caso, os resultados evidenciaram a potencialidade da leguminosa na redução do aporte de fertilizantes nitrogenados, assim como também foi verificado por Paris et al. (2009) e Crestani et al. (2013).

A proporção de colmo + bainha no pré-pastejo foi superior ( $p < 0,05$ ) no tratamento adubado (30,95%), em relação ao consorciado (23,38%), e ambos semelhantes ao controle (26,91%). No pós-pastejo, porém, a proporção de colmo + bainha do controle (33,49%) foi similar à do consorciado (30,41%), sendo ambos inferiores ao adubado (41,06%) (Tabela 4).

Uma possível explicação para a maior quantidade de colmos + bainha no tratamento adubado consiste no fato de que, devido à maior altura do dossel proporcionada pela adubação nitrogenada, criou-se um ambiente luminoso desfavorável ao máximo aproveitamento da luz e, portanto, a estratégia da planta foi o alongamento dos colmos (GALZERANO et al., 2013).

Os resultados diferem de Magalhães (2010), ao verificar que dosséis mantidos sob pastejos menos intensos resultam em maior altura do dossel aos 95% de IL, provavelmente ocasionada pelo maior acúmulo de colmos. No nosso estudo, as alturas correspondentes aos 95% de IL foram diferentes para cada tratamento em função do próprio tratamento e também em função da intensidade de pastejo que resultou em diferentes massas residuais. Dessa forma, uma possível justificativa para as diferenças nas quantidades de colmos consiste na maior massa de forragem proporcionada pela adubação nitrogenada, responsável por manter maior massa residual pós pastejo e, conseqüentemente, afetar o aproveitamento de luz pelas plantas e aumentar a senescência de forragem.

Por outro lado, os resultados corroboram com Santos Júnior & Monteiro (2003), Bonfim-da-Silva & Monteiro (2006), Silva et al. (2013) ao verificarem aumentos na produção de lâminas foliares e colmos + bainhas proporcionados pela adubação nitrogenada. Neste último trabalho, os autores encontraram incremento de 239% na produção de colmos + bainhas na dose máxima de N aplicado ( $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}$ ) em pastos de capim-marandu comparados à não-adubados. Segundo Alexandrino et al. (2005), a baixa quantidade de colmos + bainhas das plantas forrageiras na ausência

de adubação nitrogenada se deve ao menor alongamento de colmo e ao baixo perfilhamento.

O acúmulo de colmos, no entanto, é importante na produção de forragem, visto que os colmos e bainhas são órgãos armazenadores de substâncias orgânicas nas gramíneas, fator que pode interferir na capacidade de rebrota da forrageira (SANTOS JÚNIOR & MONTEIRO, 2003). Por outro lado, representa em um fator negativo no manejo do pasto, na medida em que consiste em um componente pouco consumido, principalmente quando lignificado, o que dificulta a apreensão e remoção da forragem pelo animal (GALZERANO et al., 2013). Trindade et al. (2007) acrescentam que o verão consiste na época do ano em que ocorre maior acúmulo de colmos.

Em relação ao consorciado, a menor quantidade de colmos + bainha pode ser analisada paralelamente à menor massa de forragem residual, evidenciando que a maior remoção de lâminas foliares pode ter proporcionado maior controle do alongamento de colmo, assim como foi verificado por Flores et al. (2008), facilitando o pastejo pelos animais (FONSECA et al., 2012).

Quanto à proporção de MM, nas condições pré e pós-pastejo, as médias foram estatisticamente superiores ( $p < 0,05$ ) no consorciado (34,84 e 53,68%, respectivamente) e no controle (31,98 e 52,90%), em relação ao adubado (24,12 e 41,45%) (Tabela 4).

Segundo Pedreira et al. (2017), a estratégia de manejo de entrada dos animais à 95% de IL reduz a quantidade de material autossombreado no dossel e, portanto, reduz a morte de tecidos. A forragem que remanesce no pasto após o pastejo dos animais, porém, morre depois de algum tempo, como resposta ao processo natural de senescência e morte dos tecidos (GALZERANO et al., 2013). Embora se tenha adotado os mesmos critérios de manejo em todos os tratamentos, verificaram-se diferenças nas quantidades de MM entre eles, podendo ser justificadas em função das intensidades de pastejo que resultaram em diferentes massas residuais. Como a meta de altura de resíduo era a mesma (15 cm), portanto a estrutura do pasto (p.ex. densidade do dossel) variou em função do diferente estímulo ao perfilhamento.

Nesse sentido, as maiores quantidades de MM no consorciado e no controle podem ser analisadas em paralelo à menor massa residual, ao indicarem que provavelmente a intensidade de pastejo foi maior nessas condições ou a densidade

do dossel (*bulk density*) difere entre os tratamentos. Esses resultados corroboram com Flores et al. (2008), ao encontrarem maior produção de MM em pastos de capins marandu e xaraés sob manejos mais intensos (15 cm; 49,5%) em comparação a manejos menos intensos (40 cm; 30,1%).

Por outro lado, os resultados dessa pesquisa diferem de Galzarano et al. (2013) que verificaram, sob pastejos menos intensos que resultam em maiores quantidades de MF (como provavelmente foi o caso do adubado neste estudo), o material verde que não foi colhido pelos animais permanece no pasto por longo tempo, o que ocasiona senescência e morte natural desse material, aumentando gradativamente a quantidade de MM que se acumulará nas estações subsequentes. Além disso, Marcelino et al. (2006) relataram que a maior intensidade de desfolha em pastos de capim-marandu proporcionou maior renovação de tecidos foliares, condicionando o desenvolvimento de perfilhos mais jovens e em ambiente com menor competição por luz e, conseqüentemente, menor senescência de forragem.

Em trabalho realizado por Trindade et al. (2007), ao compararem a composição morfológica do capim-marandu em diferentes épocas do ano e sob diferentes estratégias de manejo, os autores verificaram que o verão foi a época do ano em que houve menor proporção de MM e maior de lâminas foliares e atribuíram este resultado à maior atividade microbiana no solo e à maior decomposição de matéria orgânica durante os meses mais quentes e chuvosos do ano, o que acelera a decomposição do MM e aumenta a ciclagem de nutrientes.

Segundo Euclides (2000), em condições de alta produção de MM, o consumo de forragem pelo animal não está correlacionado ao total de forragem disponível, mas sim às massas verde e de folhas.

No tratamento consorciado, as médias da composição morfológica foram semelhantes às de Pereira (2015), que, nas condições pré-pastejo, encontrou médias de 36,2% de folhas, 26,6% de colmo + bainha e 37,2% de MM em pastos de capim-marandu consorciados com amendoim forrageiro cv. Mandobi, manejados à 95% de IL. Já nas condições pós-pastejo, as médias foram 13,5% de folhas, 30,3% de colmo + bainha e 56,2% de MM.

### 3.4. Taxa de acúmulo, desaparecimento e composição química da forragem

Os resultados obtidos no experimento referentes à taxa de acúmulo, desaparecimento e composição química da forragem dos três tratamentos estão apresentados na Tabela 5.

A taxa de acúmulo de forragem foi calculada pela diferença entre a massa seca pré-pastejo do ciclo subsequente e a massa seca pós-pastejo do ciclo de pastejo em questão, dividida pelo período de descanso. Nesse estudo, a maior taxa de acúmulo ( $p < 0,05$ ) foi observada no tratamento adubado ( $104 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ dia}$ ) em relação ao controle ( $58 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ dia}$ ), e ambos estatisticamente similares ao consorciado ( $82 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ dia}$ ) (Tabela 5). O efeito de ciclo de pastejo foi linear para todos os tratamentos.

**Tabela 5.** Taxa de acúmulo de forragem, desaparecimento e composição química de pastos de capim-marandu fertilizados com ureia ( $150 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}$ ), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de 2 anos de avaliação de 5 ciclos de pastejo ( $n = 40$ ).

Ciclos	Tratamentos			Média	EPM	p-valor
	Adubado	Consórcio	Controle			
<b>Taxa de acúmulo de forragem (<math>\text{kg MS ha}^{-1} \text{ dia}</math>)</b>						
1	NA	112	73	91	12	ns
2	101	116	60	85	10	ns
3	127	108	56	89	20	ns
4	159	51	55	88	14	ns
5	84,8	45	13	56	10	ns
<b>Média</b>	104 a	82 ab	58 b	82	6	0,02
<b>EPM</b>	15	10	7,1	-	-	
<b>Efeito</b>	linear	linear	linear			
<b>Desaparecimento (%)</b>						
1	35,6	40,5	44,3	40,2	4,0	ns
2	39,7	35,6	31,8	36,0	4,8	ns
3	42,5	39,8	35,5	39,2	4,0	ns
4	31,8	24,5	24,6	34,9	3,6	ns
5	37,8	49,9	57,3	36,2	6,8	ns
<b>Média</b>	41,0 a	38,9 a	38,3 a	38,0	2,2	0,97
<b>EPM</b>	3,9	3,5	3,9	-	-	
<b>Efeito</b>	ns	ns	ns			
<b>Teor de MO (<math>\text{g kg}^{-1} \text{ MS}</math>)</b>						
1	890	890	894	891	30	ns
2	898	878	889	891	40	ns
3	898	901	898	899	20	ns
4	903	876	875	885	60	ns

<b>5</b>	899	879	889	889	40	ns
<b>Média</b>	897 a	887 a	891 a	892	20	0,27
<b>EPM</b>	30	30	20	-	-	
<b>Efeito</b>	ns	linear	linear	-	-	
<b>Teor de PB (g kg<sup>-1</sup> MS)</b>						
<b>1</b>	136	92	110	113	8	ns
<b>2</b>	121	97	103	110	7	ns
<b>3</b>	141	108	92	113	9	ns
<b>4</b>	113	154	133	134	11	ns
<b>5</b>	118	105	78	100	7	ns
<b>Média</b>	127 a	108 ab	101 b	112	4	0,001
<b>EPM</b>	5	7	6	-	-	
<b>Efeito</b>	ns	ns	ns			
<b>Teor de EE (g kg<sup>-1</sup> MS)</b>						
<b>1</b>	20,4	14,6	15,3	16,8	0,8	ns
<b>2</b>	17,0	15,3	15,6	16,1	0,6	ns
<b>3</b>	19,1	16,3	19,8	18,3	0,6	ns
<b>4</b>	15,9	17,5	17,6	17,0	0,4	ns
<b>5</b>	14,6	17,9	16,9	18,0	0,6	ns
<b>Média</b>	18,5 a	16,3 b	17,0 ab	17,3	0,3	0,015
<b>EPM</b>	0,5	0,4	0,5	-	-	
<b>Efeito</b>	ns	ns	ns			

Erro padrão da média (EPM), não significativo (ns), proteína bruta (PB), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE). Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey-HSD ( $p < 0,05$ ).

De acordo com Parsons & Chapman (1998), a estrutura do dossel e o acúmulo de forragem são interdependentes, na medida em que a estrutura é decorrência de características individuais de plantas, que afetam o próprio crescimento e o dossel forrageiro como um todo. Além disso, o acúmulo de forragem consiste no resultado líquido entre o crescimento e a senescência dos tecidos, dois processos concomitantes e antagônicos. É justamente por isso que muitas vezes se verifica taxa de acúmulo negativa no início do período das chuvas, com intensa rebrotação dos pastos quando a senescência e morte dos tecidos é superior ao crescimento, como foi observado por Pereira (2015).

Segundo Difante et al. (2011), a maior taxa de acúmulo verificada no adubado é consequência da maior MF, da maior produção de lâminas foliares e também de colmos verificados nesse tratamento. Além disso, Parsons et al. (1988) e Pedreira et al. (2017) alegam que a taxa de acúmulo de forragem é máxima na condição de 95% de IL do dossel.

Em trabalho realizado por Flores et al. (2008), os autores encontraram média de 69,3 kg MS ha<sup>-1</sup> dia em pastos de capim-marandu manejados a 15 cm, valor este superior ao verificado nesse estudo no tratamento controle, e de 83,5 e 97,6 kg MS ha<sup>-1</sup> dia em pastos manejados a 25 e 40 cm, respectivamente. Os autores atribuíram a menor taxa de acúmulo dos pastos manejados com maior intensidade à maior remoção de folhas e também à maior dependência de N para rebrotação da forrageira, visto que a quantidade de N aplicada foi a mesma nas três condições (90 kg ha<sup>-1</sup>).

Em estudo conduzido por Pereira (2015), o autor verificou média de taxa de acúmulo inferior à dessa pesquisa em pastos de capim-marandu consorciados com amendoim-forrageiro cv. Mandobi e manejados à 95% de IL, de 60,8 kg MS ha<sup>-1</sup> dia. Valores inferiores aos desse estudo também foram registrados por Ibrahim & t'Mannetje (1998) em pastos de capim-marandu consorciados com amendoim forrageiro cv. Amarillo na Costa Rica, entre 59,5 e 80,3 kg MS ha<sup>-1</sup> dia.

Andrade et al. (2012) verificaram aumento linear de 40 a 53 kg MS ha<sup>-1</sup> dia com o aumento da oferta de forragem de 6,6 a 17,9% em pastos de capim-marandu consorciados com amendoim forrageiro cv. Mandobi e puerária, e justificaram que os dosséis manejados sob maior oferta de forragem mantiveram maior índice de área foliar durante o período de rebrotação, responsáveis pelas maiores taxas de acúmulo de forragem. Resultados semelhantes aos de Andrade et al. (2012) foram observados em pastos de capim-marandu com amendoim forrageiro cv. Belmonte sob pastejo contínuo no Paraná (SILVA, 2008) e em pastos de capim-massai com amendoim forrageiro sob pastejo rotacionado no Acre (ANDRADE et al., 2006).

Nesse estudo, não houve efeito de tratamento sobre desaparecimento de forragem ( $p > 0,05$ ), cujas médias foram 41,0; 38,9 e 38,3% nos tratamentos adubado, consorciado e controle, respectivamente (Tabela 5). Não houve efeito de ciclo de pastejo nessa variável, confirmando que o ajuste de taxa de lotação foi atingido.

De acordo com Diehl et al. (2012), a taxa de desaparecimento de forragem consiste em uma importante variável que auxilia na interpretação de outras, como a estimativa de consumo de forragem pelos animais, principalmente quando se utiliza pastejo rotacionado, sendo diretamente relacionada à oferta de forragem. Nesse sentido, Braga et al. (2007) constataram que essa relação é linear, ou seja, a taxa de desaparecimento aumenta com o aumento da oferta de forragem. No presente

trabalho, no entanto, o desaparecimento não foi influenciado pela oferta de forragem, que foi maior no tratamento que recebeu adubação nitrogenada em relação aos demais.

Valores superiores aos desse estudo foram encontrados por Diehl et al. (2012), que, no período das águas, foi de 47,8% em pastos de capim-elefante, azevém e espécies de crescimento espontâneo, e de 55,2% quando estas gramíneas foram consorciadas com amendoim forrageiro. Neste caso, os autores justificaram o maior desaparecimento do consórcio pela contribuição das leguminosas às gramíneas, assim como foi verificado por Paulino et al. (2008).

Neste trabalho, a semelhança entre os tratamentos pode evidenciar que o ajuste da taxa de lotação foi feito para que não houvesse diferença na eficiência de pastejo, representada pela taxa de desaparecimento de forragem.

O teor de MO, determinado pela dela equação  $100 - \%MS$ , foi estatisticamente similar nos três tratamentos ( $p > 0,05$ ), cujas médias foram 897; 887 e 891 g kg<sup>-1</sup> MS no adubado, consorciado e controle, respectivamente (Tabela 5). Nos últimos dois, verificou-se efeito linear de ciclo de pastejo nesta variável.

Os teores de MO obtidos no consorciado desse estudo foram superiores aos encontrados por Schalemberg Diehl et al. (2014), de 883 g kg<sup>-1</sup> MS em pastos de capim-elefante consorciados com amendoim forrageiro. Em contrapartida, Delevatti et al. (2019) encontraram valores superiores ao do tratamento adubado desse estudo, de 918,4 e 919,0 g kg<sup>-1</sup> MS em capim-marandu adubado com 90 e 180 kg N ha<sup>-1</sup> ano, respectivamente, e ao do tratamento controle, de 916,1 g kg<sup>-1</sup> MS no capim-marandu sem adubação, bem como foi verificado por Valadares Filho et al. (2006) e Pedreira et al. (2010), de 906,0 e 911,0 g kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente.

Embora apenas numericamente, já era de se esperar que o tratamento consorciado apresentasse a menor média de MO, visto que, segundo Bueno (2003), menores teores de MO, e conseqüentemente maiores teores de cinzas ( $= 100 - \%MO$ ), são encontrados na camada basal das plantas forrageiras. Isso acontece em função desse estrato ser mais susceptível à contaminação do solo, fato que pode explicar o menor teor de MO dos pastos consorciados, que tiveram seu crescimento vertical inferior aos demais devido à competição entre gramíneas e leguminosas.

A adubação nitrogenada proporcionou incremento de até 20% no teor de PB da forragem, que foi superior no tratamento adubado ( $127 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ) ( $p < 0,05$ ), em relação ao controle ( $101 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ) e ambos similares em relação ao consorciado ( $108 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ ) (Tabela 5). Não houve efeito de ciclo de pastejo sobre os teores de PB.

Diversos autores alegam que o N proveniente da fertilização química eleva a concentração de PB na MS por proporcionar aumento dos compostos nitrogenados solúveis, como os aminoácidos, nitratos e peptídeos em seus tecidos e, conseqüentemente, intensificar a síntese de proteína solúvel na planta (VAN SOEST, 1994; LOAIZA et al., 2017; SOLATI et al., 2017). Nesse sentido, o incremento de PB promovido pela adubação nitrogenada também foi registrado por Vicente-Chandler (1964), Santana & Santos (1983), Cecato et al. (1994), Ruggieri et al. (1994) e mais recentemente por Delevatti et al. (2019). Neste último, os autores obtiveram médias de  $135,5$  e  $150,9 \text{ g kg}^{-1}$  nos capim-marandu adubado com  $90$  e  $180 \text{ kg N ha}^{-1}$  ano, resultados estes superiores aos desse estudo.

Os resultados desse estudo sugerem que a FBN pelo amendoim forrageiro promoveu suprimento de N suficiente para que os teores de PB fossem similares aos obtidos em função da adubação nitrogenada. Neste sentido, a reciclagem ou a transferência de N para a gramínea contribuiu para o seu crescimento e emissão de novas folhas, haja visto a oferta de folhas (Tabela 4) ter sido similar nas duas condições, de modo a aumentar os compostos nitrogenados solúveis e, conseqüentemente, a síntese de proteína solúvel da planta.

Em trabalho conduzido por Barbero et al. (2010), contudo, os autores obtiveram médias superiores às desse estudo em pastos de coastcross adubados com  $200 \text{ kg N ha}^{-1}$  ano, de  $198 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ , e em pastos de coastcross consorciados com amendoim forrageiro, de  $189 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ . Os autores evidenciaram, a partir desses resultados, o efeito do N proveniente da fertilização química no teor de PB da gramínea, em função de o suprimento de N no sistema promover elevada emissão de folhas novas.

O menor teor de PB encontrado no tratamento controle também foi registrado por Primavesi et al. (2004), no entanto, os autores verificaram teores inferiores aos dessa pesquisa em pastos de capim-braquiária não adubados, em torno de  $65 \text{ g kg}^{-1}$ , e também nos pastos adubados,  $73 \text{ g kg}^{-1}$ . Delevatti et al. (2019) também obtiveram resultados semelhantes, porém com valores superiores, de  $113,6 \text{ g kg}^{-1}$ .



Segundo Van Soest (1994), o valor crítico de PB nas plantas forrageiras para o animal consiste em níveis abaixo de 7% na MS, condição essa em que há redução da eficiência de crescimento microbiano e da capacidade de degradação da fibra, comprometendo o consumo e a digestibilidade da MS. Neste trabalho, portanto, pode-se verificar que os teores de PB estão acima do valor crítico, não havendo interferência desta variável na digestibilidade da matéria seca (DMS) e no consumo de forragem pelos animais. Além disso, os valores de PB obtidos no capim-marandu estão dentro da faixa estimada para as forragens tropicais, entre 5,2 e 12,8%, de acordo com meta-análise desenvolvida por Detmann et al. (2014), porém abaixo da média (15% PB) observada em um sítio experimental próximo da área de estudo, nos últimos 16 anos (OLIVEIRA et al., 2016; BARBERO et al., 2015; BARBERO et al., 2017).

O teor de extrato etéreo (EE) foi superior no tratamento adubado ( $p < 0,05$ ), em relação ao consorciado, sendo ambos estatisticamente semelhantes ao controle, cujas médias foram 18,5; 16,3 e 17,0 g kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente (Tabela 5).

Os valores encontrados estão acima do verificado por Santos et al. (2008) em capim-marandu, de 15 g kg<sup>-1</sup> MS, que ainda apontam que a fração lipídica das plantas forrageiras é afetada por fatores como genética, idade, nutrição e ritmo de crescimento das plantas. Em contrapartida, Sá et al. (2010) verificaram média de EE superior às nossas em capim-marandu, de 42,0 g kg<sup>-1</sup> MS.

De acordo com Bertechini (2006), o EE é definido como todas as substâncias extraídas pelo éter, como os triglicerídeos, ácidos graxos livres, colesterol, lecitina, clorofila, álcoois voláteis, resinas e pigmentos. O tratamento que recebeu fertilização nitrogenada apresentou maior massa de forragem e de folhas e, conseqüentemente, as plantas aumentaram a produção de clorofila para maior obtenção e captação da luz solar. Nesse sentido, essa maior quantidade de clorofila pode ter sido solubilizada na extração com éter, justificando o maior teor de EE encontrado no tratamento adubado. Além disso, esse tratamento apresentou menor teor de FDN (Tabela 7) e, dessa forma, pode-se inferir que a redução da proporção de fibra na planta acarretou em aumento dos compostos do conteúdo celular, incluindo compostos como triglicerídeos, ácidos graxos livres, entre outros, solúveis em éter.

### 3.5. Frações fibrosas da forragem

Os resultados referentes às frações fibrosas da forragem estão apresentados na Tabela 6.

A adubação das pastagens com N afetou o conteúdo de FDN na forragem, cuja média foi significativamente ( $p < 0,05$ ) inferior neste tratamento (589 g kg<sup>-1</sup> MS), em relação ao consorciado (615 g kg<sup>-1</sup> MS) e ao controle (616 g kg<sup>-1</sup> MS) (Tabela 6). Não houve efeito de ciclo de pastejo nesta variável.

**Tabela 6.** Constituintes da fibra da forragem em pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha<sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de 2 anos de avaliação de 5 ciclos de pastejo (n = 40).

Ciclos	Tratamentos			Média	EPM	p-valor
	Adubado	Consórcio	Controle			
<b>FDN (g kg<sup>-1</sup> MS)</b>						
1	571	647	615	611	10	ns
2	588	595	601	594	6	ns
3	604	615	617	612	6	ns
4	615	607	599	607	6	ns
5	580	601	645	609	10	ns
<b>Média</b>	589 b	615 a	616 a	607	4	0,003
<b>EPM</b>	5	6	6	-		
<b>Efeito</b>	ns	ns	ns	ns		
<b>Hemicelulose (g kg<sup>-1</sup> MS)</b>						
1	389	412	420	407	15	ns
2	384	462	399	405	17	ns
3	390	386	409	395	17	ns
4	301	280	299	378	18	ns
5	361	368	384	343	14	ns
<b>Média</b>	372 a	384 a	391 a	382	7	0,62
<b>EPM</b>	12	12	14	-	-	
<b>Efeito</b>	quártico	ns	cúbico			
<b>FDA (g kg<sup>-1</sup> MS)</b>						
1	182	235	195	204	21	ns
2	204	134	202	189	17	ns
3	214	229	207	217	20	ns
4	314	327	300	314	3	ns
5	318	234	262	238	19	ns
<b>Média</b>	218 a	232 a	226 a	225	9	0,82
<b>EPM</b>	14	15	16	-	-	
<b>Efeito</b>	quártico	ns	ns			
<b>Celulose (g kg<sup>-1</sup> MS)</b>						
1	143	200	164	169	17	ns
2	173	112	176	162	15	ns

<b>3</b>	184	193	177	185	15	ns
<b>4</b>	256	278	244	259	6	ns
<b>5</b>	189	196	262	202	14	ns
<b>Média</b>	182 a	196 a	191 a	189	7	0,75
<b>EPM</b>	11	12	13	-	-	
<b>Efeito</b>	ns	ns	ns			
<b>Lignina (g kg<sup>-1</sup> MS)</b>						
<b>1</b>	39	35	32	35	5	ns
<b>2</b>	31	22	26	27	3	ns
<b>3</b>	42	35	31	36	5	ns
<b>4</b>	29	49	56	55	4	ns
<b>5</b>	36	38	41	41	5	ns
<b>Média</b>	41 a	36 a	35 a	37	2	0,61
<b>EPM</b>	4	4	3	-	-	
<b>Efeito</b>	ns	ns	ns			

Erro padrão da média (EPM), não significativo (ns), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA). Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey-HSD ( $p < 0,05$ ).

Os resultados de FDN corroboram com os trabalhos de Johnson et al. (2001); Marcelino et al. (2002); Cecato et al. (2004); Primavesi et al. (2004); Benett et al. (2008) e Dupas et al. (2010), que relataram redução linear da FDN com o aumento da dose de N aplicado. Quanto ao consorciado, a média de FDN encontrada nesse tratamento é superior à 500 g kg<sup>-1</sup> MS (50%), verificada por Carulla et al. (1991) em consórcio de *B. dictyoneura* com *Arachis pintoi*. Porém, é inferior à 600 g kg<sup>-1</sup> MS (60%) que, segundo Poppi & Vega (1997), limita o consumo de forragem por animais em pastejo.

De acordo com Corsi (1984), a adubação nitrogenada pode reduzir os teores de FDN das plantas por estimular o crescimento de novos tecidos, cuja MS contém menor conteúdo de carboidratos estruturais, como a lignina, celulose e hemicelulose. Em adição, Van Soest (1994) aponta que qualquer incremento de compostos nitrogenados e proteínas promovido, por sua vez, pelo fornecimento de N às plantas via fertilização, requer redução compensatória em compostos não-nitrogenados da parede celular, especialmente de carboidratos solúveis, visto que as proteínas são sintetizadas a partir desses componentes. Isso pode explicar o decréscimo dos teores de FDN observado no tratamento que recebeu adubação nitrogenada.

Além disso, Barbero et al. (2010) afirmam que o teor de FDN é o fator mais limitante e mais consistentemente associado ao consumo de forragem, estabelecendo

que valores de FDN superiores a 55-60% na matéria seca afetam negativamente a capacidade de consumo voluntário pelos animais. Neste estudo, portanto, os tratamentos consorciado e controle obtiveram médias ligeiramente maiores que 60% de FDN (61,5 e 61,6%, respectivamente).

De acordo com Silva & Queiroz (2002), a celulose representa a maior parte da FDA, e a hemicelulose, fração mais digestível que a celulose, compõe a FDN. Neste sentido, maiores teores de hemicelulose e menores de celulose são mais interessantes na forragem, na medida em que os micro-organismos ruminais convertem esses componentes em AGCC, principalmente acético, propiônico e butírico, que representam a maior fonte de energia quando a alimentação desses animais é a base de forragem.

Não houve diferença significativa nos teores de hemicelulose da forragem ( $p>0,05$ ), cujas médias foram 372; 384 e 391 g kg<sup>-1</sup> MS nos tratamentos adubado, consorciado e controle, respectivamente (Tabela 6). Houve efeito de ciclo de pastejo quadrático no tratamento adubado e cúbico no controle.

Embora não tenha dado diferença estatística, pode-se verificar que numericamente os teores de hemicelulose foram inferiores no adubado, tratamento este que apresentou menor teor de FDN, bem como superiores no consorciado e controle, que tiveram maiores teores de FDN. Dessa forma, os resultados sugerem que a hemicelulose, por ser um componente da FDN, também é reduzida na medida em que a emissão de folhas proporcionada pela adubação nitrogenada aumenta.

A adubação nitrogenada promoveu incremento nos teores de PB, com redução nos teores de FDN, porém não houve influência ( $p>0,05$ ) nem da adubação e nem da introdução da leguminosa nos teores de FDA e lignina, cujas médias foram 218 e 41; 232 e 36; 226 e 35 g kg<sup>-1</sup> MS nos tratamentos adubado, consorciado e controle, respectivamente (Tabela 6). Houve efeito quártico de ciclo de pastejo nos teores de FDA do adubado.

Os resultados condizem com outros estudos, cujos autores alegaram que a aplicação de N promove mínimos efeitos nas concentrações de FDA de plantas forrageiras (CUOMO & ANDERSON, 1996; ROGERS et al., 1996) e ainda com a afirmação de Van Soest (1975), de que o uso de fertilizantes nitrogenados nem sempre provoca alterações nas frações fibrosas das plantas. No entanto, os

resultados diferem do trabalho de Johnson et al. (2001), que verificaram aumento do teor de FDA com o aumento da fertilização nitrogenada em gramíneas forrageiras. Por outro lado, os resultados diferem dos trabalhos de Cecato et al. (2004), Gargantini et al. (2005) e Dupas (2006), que observaram decréscimos deste componente com os níveis crescentes de N aplicados em capins dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria*.

Os teores de FDA se encontram dentro dos limites críticos apontados por Nussio et al. (1998), que consideram que forragens com valores de FDA acima de 40% afetam negativamente a DMS e o consumo voluntário por animais, sendo a FDA, por ser constituída por lignina e celulose, o componente de maior influência na digestibilidade (KAYONGO-MOLE et al., 1974).

Em relação à lignina, os teores estão abaixo dos encontrados por Delevatti et al. (2019), de 39,5 g kg<sup>-1</sup> MS em pastos de capim-marandu sem adubação, e acima de 35,6 e 38,5 g kg<sup>-1</sup> MS em pastos de capim-marandu adubados com 90 e 180 kg N ha<sup>-1</sup> ano, respectivamente.

O conteúdo de celulose, por sua vez, também não foi afetado pelo tratamento ( $p > 0,05$ ), apresentando médias de, respectivamente, 182; 196 e 191 g kg<sup>-1</sup> MS nos tratamentos adubado, consorciado e controle. Não foi verificado efeito de ciclo de pastejo nesta variável (Tabela 6). A ausência de diferença estatística, embora tenha sido numérica, pode ser associada aos resultados de FDA e FDN, visto que a celulose se trata de um importante componente dessas frações.

### **3.6. Fracionamento de carboidratos da forragem**

Na Tabela 7, são apresentadas as médias obtidas das frações de carboidratos e nutrientes digestíveis totais da forragem dos três tratamentos.

**Tabela 7.** Fracionamento de carboidratos e nutrientes digestíveis totais de pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha<sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de 2 anos de avaliação de 5 ciclos de pastejo (n = 40).

Ciclos	Tratamentos			Média	EPM	p-valor
	Adubado	Consórcio	Controle			
<b>CT (g kg<sup>-1</sup> MS)</b>						
1	843	292	273	894	8	ns
2	861	887	877	872	6	ns
3	839	875	892	868	9	ns
4	870	827	848	848	11	ns
5	862	874	904	880	7	ns
<b>Média</b>	853 b	874 ab	882 a	869	4	0,0003
<b>EPM</b>	5	7	6	-	-	
<b>Efeito</b>	ns	ns	ns			
<b>CNF (g kg<sup>-1</sup> MS)</b>						
1	272	245	258	258	13	ns
2	273	291	276	278	6	ns
3	236	260	273	258	11	ns
4	255	220	250	264	10	ns
5	283	271	259	246	9	ns
<b>Média</b>	264 a	258 a	265 a	262	5	0,99
<b>EPM</b>	7	11	7	-	-	
<b>Efeito</b>	ns	ns	ns			
<b>NDT (g kg<sup>-1</sup> MS)</b>						
1	647	596	634	652	20	ns
2	636	684	618	638	18	ns
3	642	582	656	625	22	ns
4	599	444	414	486	17	ns
5	607	602	642	618	16	ns
<b>Média</b>	629 a	584 a	610 a	609	9	0,14
<b>EPM</b>	11	17	17	9		
<b>Efeito</b>	quártico	ns	ns			
<b>FDNi (g kg<sup>-1</sup> MS)</b>						
1	133	208	174	172	15	ns
2	150	134	173	156	10	ns
3	152	168	157	159	8	ns
4	192	235	264	230	8	ns
5	192	184	175	184	10	ns
<b>Média</b>	160 a	185 a	181 a	175	5	0,16
<b>EPM</b>	7	9	10	-	-	
<b>Efeito</b>	ns	cúbico	linear			

Erro padrão da média (EPM), não significativo (ns), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF), nutrientes digestíveis totais (NDT), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi). Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey-HSD (p<0,05).

O teor de CT, determinado pela equação  $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ , proposta por Sniffen et al. (1992), foi significativamente menor ( $p < 0,05$ ) no tratamento que recebeu  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$  ano ( $853 \text{ g kg}^{-1}$  MS) em relação ao controle ( $882 \text{ g kg}^{-1}$  MS), sendo ambos estatisticamente similares ao consorciado ( $874 \text{ g kg}^{-1}$  MS) (Tabela 7). Não foi verificado efeito de ciclo de pastejo nessa variável.

Os resultados podem ser explicados e paralelamente analisados com os resultados de PB, na medida em que a maior síntese de proteína a partir dos carboidratos proporcionada pela adubação nitrogenada e pela introdução de leguminosas nos pastos de gramínea tropical induziu à redução dos CT, principalmente os carboidratos fibrosos, representados pela pectina, celulose e hemicelulose (BRENNECKE, 2002).

Em estudo conduzido por Sá et al. (2010), os autores verificaram aumento linear do conteúdo de CT em capim-marandu com o avanço da idade da planta, que variou de  $723$  a  $815 \text{ g kg}^{-1}$  MS em intervalos de 28 a 54 dias de corte, valores estes inferiores aos deste estudo. Nesse sentido, Balsalobre et al. (2003), que também encontraram valores de CT inferiores aos nossos, entre  $740$  e  $780 \text{ g kg}^{-1}$  MS em capim-tanzânia, alegam que a variação na qualidade da fração de CT afeta diretamente na disponibilidade de energia ao ruminante. Isso indica que há redução do fornecimento de energia de rápida degradação aos micro-organismos ruminais em função do avanço da idade da planta, na medida em que esta proporciona aumento nos constituintes da parede celular e consequente redução dos constituintes do conteúdo celular, ou seja, de CNF.

Em relação aos CNF, Teixeira & Andrade (2001) apontam que estes se referem aos carboidratos não incluídos na parede celular e não recuperados na fração de FDN, sendo representados pelas frações degradadas mais rapidamente, como os açúcares, amido e a pectina, e determinados pela equação  $CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%FDN_{cp} + \%MM)$ , proposta por Sniffen et al. (1992), na qual  $FDN_{cp}$  corresponde ao FDN corrigido para cinzas e proteína. O NDT, por sua vez, consiste no teor energético do alimento, determinado pela equação  $NDT = PBad + CNFad + FDNd + 2,25 \times EEad$ , onde “ad” corresponde às frações aparentemente digestíveis e “d” à digestível (DETMANN et al., 2010).

Nesse sentido, os valores obtidos para CNF e NDT revelaram que não houve influência da adubação nitrogenada e/ou da leguminosa nesses componentes. As médias de CNF foram 264, 258 e 265 g kg<sup>-1</sup> MS; e as médias de NDT foram 629, 584 e 610 g kg<sup>-1</sup> MS nos tratamentos adubado, consorciado e controle, respectivamente (Tabela 7). Houve efeito quártico de ciclo de pastejo sobre os teores de NDT apenas no tratamento adubado.

Os resultados de NDT diferem de Bennett et al. (2008), que verificaram aumento considerável do teor de NDT com o aumento das doses de N, com média de 567,2 g kg<sup>-1</sup> MS. Além disso, os resultados são superiores aos encontrados por Balsalobre et al. (2003), entre 552,6 e 593,1 g kg<sup>-1</sup> MS, em pastos de capim tanzânia irrigados sobre três alturas pós-pastejo, e ainda inferiores aos de Casagrande (2010) em estudo de pastos de capim-marandu submetidos à três alturas de pastejo (15, 25 e 35 cm), de 697; 682 e 726 g kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente. De modo geral, as médias apresentadas nas condições desse trabalho são superiores à estipulada por Van Soest (1994), ao considerar aproximadamente 55% de NDT para as plantas forrageiras, podendo ser alterada de acordo com as condições climáticas, solo e a idade de corte das mesmas.

O indicador fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) é comumente associado à fração indigestível do alimento (BERCHIELI et al., 2000), e ainda determinam indiretamente a digestibilidade da dieta e o consumo de matéria seca (DETMANN, 1999). Paralelamente a isso, a FDN potencialmente digestível (FDNpd) corresponde à porção da FDN que não é digerida pelos micro-organismos ruminais (FDNpd = FDN – FDNi) devido ao tempo de retenção nos compartimentos e fermentação serem curtos para completarem a sua digestão (HUHTANEN et al, 2010).

Neste contexto, Carvalho et al. (2010) alegam que a capacidade do consumo de forragem pelos ruminantes é afetada pela dinâmica de desaparecimento e pela passagem da FDNpd e da FDNi no rúmen, na medida em que influenciam a taxa de passagem. No entanto, à medida que o alimento é fermentado, a FDNpd é removida, aumentando a quantidade relativa de FDNi, ou seja, quanto mais rápido for o processo de degradação ruminal da FDNpd, mais rápida será a saída do resíduo não digerido do rúmen (FDNi), o que libera espaço para que o animal possa consumir mais alimento (MERTENS, 2007; CARVALHO et al., 2011).



A adubação nitrogenada e a inclusão do amendoim forrageiro nos pastos de capim-marandu não afetaram a FDNi da forragem ( $p>0,05$ ), cujas médias foram 160; 185 e 181 g kg<sup>-1</sup> MS no adubado, consorciado e controle, respectivamente (Tabela 7). Verificou-se efeito cúbico e linear de ciclo de pastejo sobre os teores de FDNi dos tratamentos consorciado e controle, respectivamente. As médias de FDNpd foram 42,88; 42,99 e 43,56 g kg<sup>-1</sup> MS no adubado, consorciado e controle, respectivamente e, da mesma forma do FDNi, não houve diferença estatística entre as médias ( $p>0,05$ ) (Tabela 7).

Resultados inferiores de FDNi foram encontrados por Fonseca et al. (2018), que encontraram 163 e 174 g kg<sup>-1</sup> MS de FDNi em pastos de capim-marandu não adubados e manejados a 30 e 45 cm pré-pastejo, respectivamente, e 151 e 166 g kg<sup>-1</sup> MS de FDNi em pastos de capim mulato II não adubados, manejados nessas alturas. Os autores verificaram que a menor proporção dos componentes da parede celular, como FDN, FDA e FDNi da segunda gramínea determinou a maior extensão de fermentação e, portanto, conferiu maior digestibilidade à planta.

### 3.7. Fracionamento de proteína da forragem

As médias das frações proteicas da forragem estão apresentadas na Tabela 8.

**Tabela 8.** Fracionamento de proteína de pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha<sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de 2 anos de avaliação de 5 ciclos de pastejo (n = 40).

Ciclos	Tratamentos			Média	EPM	p-valor
	Adubado	Consórcio	Controle			
	<b>Fração A (% PB)</b>					
1	26,5	38,6	39,2	34,8	4,1	ns
2	20,9	13,1	34,3	23,8	2,8	ns
3	29,7	42,6	35,5	36,0	4,4	ns
4	30,4	71,8	59,9	55,8	3,9	ns
5	26,0	37,8	39,4	34,2	3,5	ns
Média	26,3 b	40,3 a	39,5 a	35,2	1,8	0,009
EPM	1,8	4,2	2,7	-	-	
Efeito	ns	ns	quártico			
	<b>Fração B1+B2 (% PB)</b>					
1	40,0	31,5	34,9	35,5	2,8	ns
2	39,9	45,7	40,1	41,3	1,5	ns
3	43,4	34,0	42,7	39,8	3,7	ns
4	48,0	9,1	27,0	39,7	3,8	ns

5	40,6	35,8	29,7	33,7	3,3	ns
Média	41,7 a	32,1 b	35,8 ab	36,5	1,4	0,046
EPM	1,8	3,2	2,1	-	-	
Efeito	ns	ns	ns			
<b>Fração B3 (% PB)</b>						
1	23,7	14,4	9,8	16,0	2,5	ns
2	24,9	27,8	14,3	21,0	2,0	ns
3	19,7	9,0	7,2	11,8	2,1	ns
4	15,9	0,5	3,0	5,9	1,5	ns
5	26,8	10,4	6,5	13,9	3,0	ns
Média	22,9 a	10,8 b	9,0 b	14,5	1,1	<0,001
EPM	1,3	2,2	1,4	-	-	
Efeito	ns	linear	quártico			
<b>Fração C (% PB)</b>						
1	9,8	15,5	16,1	13,8	1,9	ns
2	14,2	13,4	15,2	14,5	1,4	ns
3	7,4	14,4	14,7	12,3	1,6	ns
4	5,8	18,9	10,0	12,3	2,0	ns
5	8,2	16,6	24,4	16,8	2,1	ns
Média	9,6 b	15,7 a	16,7 a	14,1	0,8	0,0007
EPM	1,1	1,5	1,4	-	-	
Efeito	ns	ns	ns			

Erro padrão da média (EPM), não significativo (ns). Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey-HSD ( $p < 0,05$ ).

De acordo com Sniffen et al. (1992), o fracionamento tem por finalidade adequar a digestão ruminal dos carboidratos e das proteínas, de modo a maximizar a produção microbiana, minimizar as perdas de N pelo animal e estimar o escape ruminal de nutrientes, através da sincronização entre a disponibilidade desses nutrientes no rúmen. O fracionamento de proteínas é feito de acordo com sua biodisponibilidade e taxa de degradação no rúmen.

A fração solúvel da proteína é dividida em frações A e B1, sendo ambas degradadas no rúmen e utilizadas pela microbiota ruminal. A fração A é composta de aminoácidos, peptídeos e nitrogênio não proteico (NNP), e apresenta alta digestibilidade no rúmen e rápida taxa de degradação (SNIFFEN et al., 1992). De acordo com Brennecke et al. (2011), essa fração depende do teor de PB que, por sua vez, varia com a idade da planta e o manejo adotado. Neste contexto, Russel et al. (1992) alegaram que as fontes de NNP são fundamentais para o adequado funcionamento ruminal, na medida em que os micro-organismos ruminais utilizam a amônia como fonte de N para fermentar os carboidratos estruturais. Entretanto, altos

teores de NNP podem gerar perdas de N quando houver falta de esqueleto de carbono prontamente disponível para a síntese de proteína microbiana.

Neste estudo, a fração A foi significativamente maior ( $p < 0,05$ ) nos tratamentos consorciado e controle, cujas médias foram 40,3 e 39,5% da PB, em relação ao adubado, que apresentou média de 26,3% da PB (Tabela 8). Verificou-se efeito quártico de ciclo de pastejo no tratamento controle.

Por se tratar de um fertilizante com alta concentração de N na forma de NNP (45% de N), era esperado que os pastos de capim-marandu adubados com 150 kg N ha<sup>-1</sup> ano apresentassem os maiores valores de fração A, como foi verificado por Henriques et al. (2007). Comportamento similar ao nosso foi verificado por Silva et al. (2009).

De acordo com Camargos (2002), o nitrato disponível no solo é absorvido pelas raízes e pode ser reduzido ou armazenado nos vacúolos ou nas lâminas foliares. No citossol, o nitrato é reduzido a nitrito e reduzido à amônia, que serve de substrato para síntese dos aminoácidos, glutamina, glutamato e proteínas, que resultam em desenvolvimento foliar na planta. Nesse sentido, sugere-se que a adubação nitrogenada aumente os teores de NNP das plantas.

Em estudo conduzido por Henriques et al. (2007), ao avaliar as frações proteicas de diferentes gramíneas tropicais sob diferentes idades de corte e doses de adubação nitrogenada, os autores verificaram que a adubação nitrogenada proporcionou aumento na fração A em uma das gramíneas (setária), atribuindo este resultado à maior presença de aminoácidos livres no tecido da planta em resposta ao maior aporte de N no solo. Se fôssemos adequar essa observação ao nosso estudo, sugerir-se-ia que a FBN tivesse proporcionado maior suprimento de N do que a adubação nitrogenada.

Ao avaliar as frações proteicas do capim-mombaça submetido a 4 doses de N (0, 100, 300 e 500 kg N ha<sup>-1</sup> ano) em duas alturas de corte (20 e 40 cm), Silva et al. (2009) encontraram valores da fração A da forragem inferiores quando adubada em relação à não adubada, principalmente sob altura de resíduo menor. Os autores verificaram teores maiores que os desse estudo sob dose de 100 kg N ha<sup>-1</sup> ano nas duas alturas, cuja média foi de 34,17% da PB e menores que o nosso controle, com média de 34,03% da PB. Os maiores teores da fração A obtidos aos 20 cm de altura

residual (35,25 e 34,71% no controle e na dose 100) foram justificados em função da maior proporção de folhas em relação à de colmos nessa altura.

Resultados diferentes da fração A em gramíneas são encontrados na literatura. Malafaia et al. (1997) registraram médias entre 11,58 e 32,28% da PB em quatro plantas tropicais (Tifton-85, *Brachiaria brizantha* e *B. decumbens* e capim-elefante). Em estudo conduzido por Toro Velásquez et al. (2010) com forrageiras tropicais em diferentes idades de corte, os autores encontraram valores da fração A entre 9,51 e 12,84% da PB, que diminuíram significativamente com o avanço da idade da planta. Sá et al. (2010) verificaram valores entre 24,9 e 28,1% de fração A em capim-marandu sob diferentes alturas de corte. Por outro lado, resultados próximos aos encontrados no tratamento controle desse estudo foram verificados por Queiroz et al. (2011) em pastos de capim-marandu em duas idades de corte (30 e 60 dias) e em duas épocas de corte, cuja média foi 41% de fração A. Os autores alegaram que essa alta proporção de NNP permite utilização das frações proteicas das plantas aos 30 e 60 dias, visto que as gramíneas tropicais geralmente apresentam baixos teores de carboidratos solúveis e altos de carboidratos insolúveis, porém potencialmente degradáveis.

Segundo Gomes et al. (2018), em pastos consorciados de amendoim forrageiro com capim-marandu manejados a 95% de IL, a leguminosa apresentou fração A inferior à gramínea, de 19,4 e 22,4% da PB, respectivamente. Em contrapartida, a leguminosa obteve 51,6% da fração B3, contra 37,8% na gramínea. Em ambos os casos, os autores verificaram que a fração A reduziu enquanto a fração B3 aumentou conforme o aumento do período de descanso (90, 95 e 100% de IL), caracterizando redução do valor nutritivo.

A fração B1, por sua vez, consiste em parte da proteína verdadeira e também apresenta rápida degradação ruminal, incluindo peptídeos e oligopeptídeos. Já a fração B2 se refere à proteína que não é solúvel, não faz parte da parede celular e também não é NNP, e apresenta taxa de degradação média (SNIFFEN et al., 1992).

Alguns autores relatam na literatura que a fração B1 é de pouca importância em gramíneas tropicais, visto que geralmente apresentam valores inferiores à 10% do total de PB (RUSSELL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992; BALSALOBRE et al., 2003).

É por esta razão que a fração B1 na maioria dos trabalhos é apresentada juntamente com a B2 (B1+B2).

A fração B1+B2 foi significativamente superior no tratamento adubado ( $p < 0,05$ ) em relação ao consorciado e ao controle, com médias de 41,7; 32,1 e 35,8% da PB, respectivamente (Tabela 8). Não houve efeito de ciclo de pastejo para esta variável.

Em trabalho de Silva et al. (2009) com diferentes doses de adubação nitrogenada em capim-mombaça, foram verificados valores inferiores de fração B1+B2, tanto no controle como sob dose de 100 kg N ha<sup>-1</sup> ano, de 22,22 e 25,78% da PB. Henriques et al. (2007), por sua vez, obtiveram incremento da fração B1+B2 com o aumento dos níveis de adubação nitrogenada. Esses autores alegaram que houve remanejamento das frações proteicas dentro da planta quando fertilizada, na medida em que, segundo Camargos (2002), o metabolismo de aminoácidos das plantas é fortemente alterado pela disponibilidade de nitrato no solo.

Em trabalho realizado por Toro Velásquez et al. (2010), as médias da fração B1 apresentadas por três gramíneas tropicais em diferentes idades de corte variaram entre 1,59 e 2,27% da PB, enquanto as médias da fração B2 variaram de 23,77 a 31,84%, valores estes inferiores aos nossos. Já em trabalho de Sá et al. (2010), verificou-se redução linear das frações B1+B2 com o avanço da idade das gramíneas tropicais, com médias de 53,8; 45,3 e 39,4% da PB aos 28, 35 e 54 dias de corte, respectivamente. Queiroz et al. (2011), em estudo com pastos de capim-marandu em duas idades de corte (30 e 60 dias) e em duas épocas de corte, verificaram variação entre 8,43 e 16,92% da PB da fração B1 e de 22,52 a 31,51 da fração B2, valores estes próximos aos nossos. Os autores reportam que as frações A, B1 e B2 juntas garantiriam N suficiente aos micro-organismos ruminais por várias horas após ingestão do alimento, permitindo ótimo aproveitamento do alimento na presença de esqueletos de carbono.

Segundo Winter et al. (1964) e Sniffen et al. (1992), a fração B1+B2 tende a ser extensivamente degradada no rúmen, de modo a contribuir ao atendimento dos requisitos de N dos micro-organismos ruminais e ao aproveitamento do alimento na presença de esqueletos de carbono. No entanto, a rápida proteólise no rúmen dessa fração pode levar ao acúmulo de peptídeos e permitir o escape ao intestino, na medida em que a utilização desses componentes é limitante à degradação de proteínas.

A fração B3 inclui o N contido na hemicelulose ( $B3 = N-FDN - N-FDA$ ) e apresenta taxa de degradação muito lenta (SNIFFEN et al., 1992), visto que inclui as extensinas, que são proteínas ligadas à parede celular. Neste estudo, a adubação nitrogenada promoveu teores significativamente superiores da fração B3 ( $p < 0,05$ ), em relação aos tratamentos consorciado e controle, com médias de, respectivamente, 22,9; 10,8 e 9,0% da PB (Tabela 8). Nestes dois últimos, verificou-se efeito de ciclo de pastejo linear e quártico, respectivamente.

O mesmo comportamento da fração B3 foi verificado por Silva et al. (2009), que encontraram maiores médias em capim-mombaça adubado com diferentes doses de N em comparação à pastos não adubados, sendo todos os valores superiores aos nossos.

Resultados superiores aos dessa pesquisa foram encontrados por Balsalobre et al. (2003) e Toro Velásquez et al. (2010) em forrageiras tropicais avaliadas sob diferentes alturas pós-pastejo e idades de corte, respectivamente, de 40% da PB e entre 23,77 a 33,40% da PB. Na mesma linha de experimento, Sá et al. (2010) verificaram que o avanço da idade das gramíneas aumenta linearmente os teores da fração B3, de lenta degradação, sendo principalmente digerida no intestino. Dessa forma, no período de transição em que as forrageiras apresentam declínio do teor proteico e aumento das frações B3 e C, esses autores alegaram que se torna necessária a suplementação das pastagens com fontes ricas em frações B1+B2, de modo a atender as necessidades para síntese de proteína microbiana (VALADARES FILHO et al., 2006).

A fração C corresponde à proteína indisponível e está contida na FDA (N-FDA), ou seja, é associada à lignina, formando complexos de tanino e de produtos da reação de Maillard que são altamente resistentes à degradação microbiana e enzimática (SNIFFEN et al., 1992; VAN SOEST, 1994). Brenneck et al. (2011) acrescentam que há tendência do aumento da proporção indigestível da parede celular, constituída basicamente de lignina, com o avanço da idade da planta forrageira.

No presente estudo, a adubação nitrogenada promoveu teores estatisticamente inferiores ( $p < 0,05$ ) da fração C (9,6% da PB), em relação ao consorciado (15,7%) e ao controle (16,7%) (Tabela 8). Não houve efeito de ciclo de pastejo nessa variável.

Médias próximas às do tratamento adubado foram obtidas por Silva et al. (2009) em pastos de capim-mombaça com 100 kg N ha<sup>-1</sup> ano, de 9,0% da PB, porém os autores observaram médias inferiores às nossas no tratamento controle, de 8,94%. Os autores, no entanto, verificaram comportamento inverso ao nosso, ou seja, aumento linear da fração C em decorrência do aumento da dose de N, além de aumento linear nas alturas de corte, atribuindo este resultado à presença do N ligado à lignina contido nos colmos. Henriques et al. (2007), por sua vez, em experimento com diferentes gramíneas tropicais sob doses de 0, 100, 200, 300 e 400 kg N ha<sup>-1</sup> ano, colhidas em diferentes idades, encontraram efeitos pequenos e inconsistentes da adubação nitrogenada sobre essas frações. Esses autores alegaram que fatores ambientais, como temperatura, luz e maturidade da planta podem afetar os constituintes da parede celular, visto que as frações B3 e C estão contidas nela.

Em trabalho de Toro Velásquez et al. (2010), os autores encontraram valores superiores aos nossos em gramíneas tropicais, entre 19,66 e 27,07% da PB. Sá et al. (2010), por sua vez, verificaram aumento da fração C de capim-marandu linear crescente com o avanço da idade de corte, que foi variou de 11,8 a 17,2% da PB, atribuindo esse comportamento ao aumento dos teores de hemicelulose e celulose indigestível da parede celular.

#### 4. CONCLUSÕES

A adubação com 150 kg N ha<sup>-1</sup> ano em pastos de capim-marandu incrementa a produção de massa e a taxa de acúmulo de forragem, bem como a oferta de forragem e de folhas disponível aos animais em pastejo.

A consorciação de capim-marandu com amendoim forrageiro aumenta a oferta de folhas e a taxa de acúmulo de forragem, assim como a adubação nitrogenada.

Não há diferenças no desaparecimento de forragem em pastos de capim-marandu adubados ou consorciados com leguminosas.

O teor de PB da forragem aumenta com o suprimento de N via fertilizante químico ou fixação biológica.

A introdução de leguminosas em pastos de gramíneas tropicais aumenta a fração A, de nitrogênio não proteico, e reduz a fração B3, de lenta degradação ruminal, bem como aumenta o teor de carboidratos totais da forragem.

Por outro lado, adubação nitrogenada aumenta a fração B1+B2, de proteína verdadeira, e reduz a fração C, indigestível, além de reduzir os teores de FDN, contribuindo para aumentar o valor nutritivo da forragem.

O suprimento de N por adubação ou por fixação biológica por leguminosas não promove diferenças nos teores de matéria orgânica, FDA, celulose, hemicelulose, lignina, bem como nas frações de carboidratos, como carboidratos não fibrosos, nutrientes digestíveis totais e FDN indigestível.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, A.J.; MOSQUIM, P.R.; ROCHA, F.C.; SOUZA, D.P. Características morfogênicas e estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e frequências de cortes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 01, p. 17-24, 2005.

ALLEN, V.G.; BATELLO, C.; BERRETTA, E.J.; HODGSON, J.; KOTHMANN, M.; LI, X.; MCLVOR, J.; MILNE, J.; MORRIS, C.; PEETERS, A.; SANDERSON, M. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v. 66, p. 2-28, 2011.

ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; VERNEQUE, R.S.; BOTREL, M.A. Resposta do tifton 68 a doses de nitrogênio e a intervalos de cortes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 9, p. 1875-1882, 2000.

ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; VALENTIM, J.F.; PEREIRA, O.G. Productivity, utilization efficiency and sward targets for mixed pastures of marandu grass, forage peanut and tropical kudzu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 512-520, 2012.

ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; VALENTIM, J.F.; PEREIRA, O.G. Grazing management strategies for massaigrass-forage peanut pastures. 2. Productivity, utilization and sward structure. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.343-351, 2006.

ANDRADE, E.A. Consumo de forragem, desempenho animal e emissão de metano entérico por bovinos em pastos de capim-elefante anão com ou sem acesso a amendoim forrageiro. 2013. 44 f. Dissertação (Mestrado), Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013.

ARCHIMÈDE, H.; RIRA, M.; EUGÈNE, M.; FLEURY, J.; LASTEL, M.L.; PÉRIACARPIN, F.; DOREAU, M. Intake, total-tract digestibility and methane emissions of Texel and Blackbelly sheep fed C4 and C3 grasses tested simultaneously in a temperate and a tropical area. **Journal of Cleaner Production**, v. 185, p. 455-463, 2018.

BALSALOBRE, M.A.A.; CORSI, M.; SANTOS, P.M.; VIEIRA, I.; CÁRDENAS, R.R. Composição química e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos do capim-

tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 519-528, 2003.

BARBERO, L.M.; CECATO, U.; LUGÃO, S.M.B.; GOMES, J.A.N.; LIMÃO, V.A.; ABRAHÃO, J.J.S.; ROMA, C.F.C. Produção animal e valor nutritivo da forragem de pastagem de coastcross consorciada com amendoim forrageiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 3, p. 645-653, 2010.

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.

BARBERO, R.P.; MALHEIROS, E.B.; NAVE, R.L.; MULLINIKS, J. T.; DELEVATTI, L.M.; KOSCHECK, J.F.; RUGGIERI, A.C.; REIS, R.A. Influence of post-weaning management system during the finishing phase on grasslands or feedlot on aiming to improvement of the beef cattle production. **Agricultural Systems**, v. 153, p. 23-31, 2017.

BARTHURAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: ALCOCK, M.M. (Ed.) **Biennial Report of the Hill Farming Research Organization**. Midlothian: Hill Farming Research Organization, p.29-30, 1985.

BENETT, C.G.S.; BUZETTI, S.; SILVA, K.S.; BERGAMASCHINE, A.F.; FABRICIO, J.A. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1629-1636, 2008.

BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P.; FURLAN, C.L. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.830-833, 2000.

BERTECHINI, A.G. Nutrição de monogástricos. Lavras: Editora UFLA, 301p., 2006.

BLACK, A.D.; LAIDLAW, A.S.; MOOT, D.J.; O'KIELY, P. Comparative growth and management of white and red clovers. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, p. 149-166, 2009.

BODDEY, R. M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R.M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O. C.; REZENDE, C. 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, n.2, p. 389-403, 2004.

BONFIM-DA-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 04, p. 1289-1297, 2006.

BRAGA, G.J.; PEDREIRA, C.G.S., HERLING, V.R.; LUZ, P.H.C. Eficiência de pastejo de capim-marandu submetido a diferentes ofertas de forragem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.11, p. 1641-1649, 2007.

BRENNECKE, K. **Efeitos de doses de sódio e nitrogênio na composição bromatológica, química e digestibilidade in vitro do capim coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), em duas idades de corte.** 2002. 73p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

BRENNECKE, K.; TECH, A.R.B.; ARCE, A.I.C.; LUIZ, P.H.C.; HERLING, V.R.; COSTA, E.J.X. Predição dos fracionamentos de proteínas de *Brachiaria brizantha* cv Marandu utilizando RNA. **Archivos de zootecnia**, v. 60, n. 232, p. 1271-1279, 2011.

BUENO, A.A.O. **Características estruturais do dossel forrageiro, valor nutritivo e produção de forragem em pasto de capim-mombaça submetidos a regime de lotação intermitente.** 135p., 2003. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo.

BURNS, J. C.; LIPPKE, H.; FISHER, D. S. The Relationship of Herbage Mass and Characteristics to Animal Responses in Grazing Experiments 1. **Grazing research: Design, methodology, and analysis**, n. grazingresearch, p. 7-19, 1989.

CAMARGOS, L.S. **Análise das alterações no metabolismo do nitrogênio em *Canavalia ensiformes* (L.) em resposta a variações na concentração de nitrato fornecida.** 2002. 113f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

CAMPBELL, A. G. Grazed pasture parameters. I. Pasture dry-matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. **The Journal of Agricultural Science**, v. 67, n. 2, p. 199-210, 1966.

CARDOSO, A. S., A. BERNDT, A. LEYTEM, B. J. R. ALVES, I. D. N. DE CARVALHO, L. H. DE BARROS SOARES, S. URQUIAGA, AND R.M. BODDEY. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. **Agricultural Systems**, v.143, p. 86-92, 2016.

CARULLA, J.; LASCANO, C.E.; WARD, J.K. Selectivity of resident and esophageal fistulated steers grazing *Arachis pinto* and *Brachiaria dictyoneura* in Llanos of Colombia. **Tropical Grasslands**, n.25, p.315-324, 1991.

CARVALHO, D.M.D.; CABRAL, L.S.; ZERVOUDAKIS, J.T.; ARNOLDO, T.L.Q.; BENATTI, J.M.B.; KOSCHECK, J.F.W.; PIONA, M.N.M.; OLIVEIRA, A.A. Suplementos para ovinos mantidos em pastos de capim-marandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 2, p. 196-204, 2011.

CARVALHO, M.A.; RAMOS, A.K.B.; KARIA, C.T.; FERNANDES, F. D. **Densidade de semeadura para o estabelecimento de pastagens de amendoim forrageiro (*Arachis pinto*)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 4p. (Comunicado Técnico, 162).

CARVALHO, P.C.D.F.; KOZLOSKI, G.V.; NABINGER, C.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; REFFATTI, M.V.; GENRO, T. C. M.; EUCLIDES, V.P.B. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 36, p. 151-170, 2007.

CASAGRANDE, D. R. **Suplementação de novilhas de corte em pastagem de capim-marandu submetidos a intensidade de pastejo sob lotação contínua**. 2010. 127f. 2010. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Zootecnia)–Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal.

CASAGRANDE, D.R.; LARA, M.A.S.; VIEIRA, B.R. **Leguminosas de clima tropical e subtropical**. In: REIS, R. A. et al. (Ed.). Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2014. p. 137-154.

CASAGRANDE, D.R.; RUGGIERI, A.C.; MORETTI, M.H.; BERCHIELLI, T.T.; VIEIRA, B.R.; ROTH, A.P.T.P.; REIS, R.A. Sward canopy structure and performance of beef heifers under supplementation in *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pastures maintained with three grazing intensities in a continuous stocking system. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 2074-2082, 2011.

CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.G.; PAULINO, M.F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.335-342, 2008.

CASTILHO, A. R. Potencial produtivo de ecótipos de *Arachis pintoi* em el Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. **Pasturas Tropicales**, v. 23, n. 1, p. 19-24, 2001.

CECATO, U.; CASTRO, C.R.C.; De CANTO, M.W.; PETERNELLI, M.; ALMEIDA JÚNIOR, J.; JOBIM, C.C.; CANO, C.P. Perdas de forragem em capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq cv. Tanzania-1) manejado sob diferentes alturas sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.295-301, 2001.

CECATO, U.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E.B. Frequências de corte, níveis e formas de aplicação de nitrogênio sobre as características de rebrota do capim-aruaana (*Panicum maximum* Jacq cv. Aruaana). **Revista Unimar**, Maringá, v.16, n.3, p.263-276, 1994.

CECATO, U.; PEREIRA, L.A.F.; JOBIM, C.C.; MARTINS, E.N.; BRANCO, A.F.; GALBEIRO, S.; MACHADO, A.O. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a composição químico-bromatológica do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 26, n.3, p. 399-407, 2004.

CECATO, U.; SANTOS, G.L.; BARRETO, I.L. Efeito de doses de nitrogênio e altura de corte sobre a produção, qualidade e reservas de glicídios da *Setária anceps* Stapf. cv. Kazungula. **Revista Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 15, n.4, p.367-78, 1985.

CORSI, M. **Effects of nitrogen rates and harvesting intervals n dry matter production, tillering and quality of the tropical grass *Panicum maximum* Jacq.** 1984. 125f. Thesis (Doctor of Philosophy) – The Ohio State University, Ohio.

COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; FAQUIN, V.; SILVA, G.P.; SEVERIANO, E.C. Produção de massa seca e nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha*

(A. Rich) Stapf sob doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 06, p. 1578-1585, 2009.

COSTA, N.L.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; PEREIRA, R.G.A. **Manejo de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Rondônia**. Rondônia: CPAFRO EMBRAPA, 2p., 2001 (Relatório Técnico, 33).

CRESTANI, S.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; MIGUEL, M. F.; ALMEIDA, E. X.; SANTOS, F.A.P. Steers performance in dwarf elephant grass pastures alone or mixed with *Arachis pintoi*. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, n. 6, p. 1369-1374, 2013.

CUOMO, G.J.; ANDERSON, B.E. Nitrogen fertilization and burning effects on rumen protein degradation and nutritive value of native grasses. **Agronomy Journal**, v. 88, n. 3, p. 439-442, 1996.

DA SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo de pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., Jaboticabal, 1997. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1997. p. 1-62.

DELEVATTI, L.M.; CARDOSO, A.S.; BARBERO, R.P.; LEITE, R.G.; ROMANZINI, E.P.; RUGGIERI, A.C.; REIS, R.A. Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. **Scientific Reports** (submetido). 2019.

DETMANN, E. **Cromo e constituintes da forragem como indicadores, consumo e parâmetros ruminais em novilhos mestiços, suplementados, durante o período das águas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 103p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VALADARES FILHO S.C.; EUCLYDES, R.F.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: parâmetros ingestivos e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1340-1349, 2001.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos** – Instituto Nacional de

Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT). Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M. F. Predição do valor energético de dietas para bovinos a partir da composição química dos alimentos. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados: BR-Corte (Eds SC Valadares, MI Marcondes, ML Chizzotti, PVR Paulino) pp**, p. 47-64, 2010.

DETMANN, E.; VALENTE, É. E.; 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.

DIEHL, M. S.; OLIVO, C. J.; AGNOLIN, C.A.; BRATZ, V. F.; BEM, C.M.; AGÜIRRE, P.F.; SERAFIM, G. Produtividade de sistemas forrageiros consorciados com leguminosas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, p. 1527-1536, 2013.

DIEHL, MICHELLE SCHALEMBERG; OLIVO, CLAIR JORGE; AGNOLIN, CARLOS ALBERTO; BRATZ, V.F.; CORREA, M.R.; NUNES, J.S. **Taxa de desaparecimento de forragem em sistemas forrageiros consorciados com distintas leguminosas**. In: 27ª Jornada Acadêmica Integrada, 2012, Santa Maria-RS. 27ª Jornada Acadêmica Integrada, 2012.

DIFANTE, G.S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SILVA, S.C.; EUCLIDES, V.P.B; MONTAGNER, D.B.; SILVEIRA, M.C.T.; PENA, K.S. Características morfogênicas e estruturais do capim-marandu submetido a combinações de alturas e intervalos de corte. **Embrapa Gado de Corte-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2011.

DUPAS, E.; BUZETTI, S.; BERGAMASCHINE, A. F.; HERNANDEZ, F. B. T.; ISEPON, O.; SARTO, A. L. Doses de nitrogênio com e sem irrigação nos cultivares de capins Mombaça e Marandu na região de Ilha Solteira - SP. In: **43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2006, João Pessoa – Paraíba.

DUPAS, E.; BUZETTI, S.; SARTO, A.L.; HERNANDEZ, F.B.T.; BERGAMASCHINE, A. F. Dry matter yield and nutritional value of Marandu grass under nitrogen fertilization and irrigation in cerrado in São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2598-2603, 2010.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: EMBRAPA, p. 353, 2013.

EUCLIDES, V.P.B. **Alternativas para intensificação da produção de carne bovina em pastagem**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 65p., 2000.

FAGUNDES, J.L.; DA FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; DO NASCIMENTO JUNIOR, D.; VITOR, C.M.T.; DE MORAIS, R.V.; MARTUSCELLO, J.A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40(4), p.397-403, 2005.

FLORES, R.S.; EUCLIDES, V.P.B.; ABRÃO, M.P.C.; GALBEIRO, S.; DIFANTE, G.D.S.; BARBOSA, R.A. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n.8, p. 1355-1365, 2008.

FONSECA, A.S.R.; SILVA, L.C.R.P.; BORGES, K.M.; SILVA, S.M.V.; VARGAS, L.E.D.P.; LIMA, L.R.; ABREU, J.G.; GALATI, R.L. Cinética da digestão dos capins Mulato II e marandu em diferentes alturas de dossel. In: 55ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia e 28º Congresso Brasileiro de Zootecnia, 5p., 2018, Goiânia, GO. **Anais ...** Goiânia, MG: SBZ, 2018.

FONSECA, L.; MEZZALIRA, J.C.; BREMM, C.; FILHO, R.S.A.; GONDA, H.L.; CARVALHO, P.C.F. Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in Sorghum bicolor. **Livestock Science**, v. 145, n. 1-3, p. 205-211, 2012.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; RUSSELL, J.B.; VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3578-3596, 1992.

GALZERANO, L.; MALHEIROS, E.B.; RAPOSO, E.; MORGADO, E.S.M.; RUGGIERI, A.C. Acúmulo e desaparecimento de forragem e variações na estrutura de pastos de capim-xaraés submetidos a intensidades de pastejo em lotação intermitente. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 2485-2496, 2013.

GARGANTINI, P.E.; HERNANDEZ, F.; VANZELA, L.; LIMA, R. Irrigação e adubação nitrogenada em capim mombaça na região Oeste do Estado de São Paulo. In: **Congresso Nacional De Irrigação e Drenagem**. v.15, 2005.



GIMENES, F.M.A.; SILVA, S.C.; FIALHO, C.A.; GOMES, M.B.; BERNDT, A.; GERDES, L.; COLOZZA, M.T. Ganho de peso e produtividade animal em capim-marandu sob pastejo rotativo e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 7, p. 751-759, 2011.

GOMES, F.; OLIVEIRA, M.D.B.L.; HOMEM, B.G.C.; BODDEY, R.M.; BERNARDES, T.F.; GIONBELLI, M.P.; LARA, M.A.; CASAGRANDE, D.R. Effects of grazing management in brachiaria grass-forage peanut pastures on canopy structure and forage intake. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 9, p. 3837-3849, 2018.

GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. **Utilização e manejo de pastagens**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. (CD-ROM).

GONÇALVES, C. A.; COSTA, N. L. Avaliação agrônômica de *Brachiaria decumbens* em consorciação com leguminosas forrageiras tropicais em Rondônia. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 23, n. 5, p. 699-708, 1994.

GUTIÉRREZ, A.; PARETAS, F.; SUAREZ, J.J.; CORDOVI, E.; PAZOS, R.; ALFONSO, H.A. Género Brachiaria: Nueva alternativa para la ganadería cubana. **Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes**. La Habana, Cuba, 1990.

HALLS, L. K. The Approximation of Cattle Diet through Herbage Sampling. **Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives**, v. 7, n. 6, p. 269-270, 1954.

HENRIQUES, L.T.; COELHO DA SILVA, J.F.; DETMANN, E.; VÁSQUE, 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.

HILL, M.J.; WATSON, R.W. The effect of differences in intensity and frequency of defoliation on the growth of *Phalaris aquatica* L. and *Dactylis glomerata* L. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 40, n. 2, p. 333-343, 1989.

HOPPER, J.T.; HOLLOWAY, J.W.; BUTTS JR., W.T. Animal variation in chromium sesquioxide excretion patterns of grazing cows. **Journal of Animal Science**, v.46, n.4, p.1098-1102, 1978.

HUHTANEN, P., SÜDEKUM, K.H., NOUSIAINEN, J., SHINGFIELD, K.J. Forage conservation, feeding value and milk quality. **Grassland in a changing world**, v. 15, p. 379-400, 2010.

IBRAHIM, M. A.; t' MANNETJE, L. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures in the humid tropics of Costa Rica – 1: dry matter yield, nitrogen and botanical composition. **Tropical Grasslands**, St. Lucia, v. 32, p. 96-104, 1998.

JENKINSON, D.S. The impact of humans on the nitrogen cycle, with focus on temperate agriculture. **Plant Soil**, v.228, p.3-15, 2001.

JOHNSON, C.R.; REILING, B.A.; MISLEVY, P.; HALL, M.B. Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 9, p. 2439-2448, 2001.

KAMRA, D.N. Rumen microbial ecosystem. **Current Science**, Bangalore, v.89, p.124-134, 2005.

KAYONGO-MOLE, H.; THOMAS, SW; ULLREY, DE. Chemical composition and digestibility of tropical grasses. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v. 15, n. 2, p.185-200, 1974.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L.P.; OLIVEIRA, I. P.; COSTA, J. L. S.; SILVA, J. G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O.; MAGNABOSCO, C. U. **Sistema Santa Fé: tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 2000.

LACA, E.A.; LEMAIRE, G. Measuring sward structure. In: T'MANNETJE, L.; JONES, R.M. (Ed.). **Field and laboratory methods for grassland and animal production research**. New York: Cabi, 2000. p.103-122.

LANGER, R.H.M. How grasses grow. **How grasses grow.**, n. Ed. 2, 1979.

LOAIZA, P.A.; BALOCCHI, O.; BERTRAND, A. Carbohydrate and crude protein fractions in perennial ryegrass as affected by defoliation frequency and nitrogen application rate. **Grass and Forage Science**, v. 72, n. 3, p. 556-567, 2017.

MACHADO, L.A.Z.; LEMPP, B.; VALLE, C.B. Principais espécies forrageiras utilizadas em pastagens para gado de corte. In: PIRES, A.V (Ed.). **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, v. 1, p.375-417, 2010.

MACHADO, L.A.Z.; FABRÍCIO, A.C.; GOMES, A.; DE ASSIS, P.G.G.; LEMPP, B.; MARACHIN, G.E. Desempenho de animais alimentados com lâminas foliares, em pastagem de capim-marandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1609-1616, 2008.

MAGALHÃES, M. A. **Características morfogênicas, estruturais e composição química de cultivares de *Brachiaria* submetidas a níveis de oferta de forragem sob pastejo rotativo**. 2010. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M.; SILVA, J.F.C.; PEREIRA, J.C. Determinação da cinética ruminal das frações proteicas de alguns alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1243-1251, 1997.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres, 638 p., 2006

MARCELINO, K. R. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SILVA, S. C.; EUCLIDES, V. P. B.; FONSECA, D. M. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-Marandu submetido a intensidades e freqüências de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2243-2252, 2006.

MARCELINO, K.R.A.; LEITE, G.G.; VILELA, L.; GUERRA, A.F.; DIOGO, J.M.S.; PEREIRA, A.M. Influência de nitrogênio e tensões hídricas sobre o valor nutritivo de marandu *Brachiaria brizantha* cultivado no cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...Recife**: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002.

MERTENS, D. R. Digestibility and intake. **Forages: The Science of Grassland Agriculture**. Blackwell Publishing, Ames Iowa and Oxford, p. 487-507, 2007.

MESQUITA, P.; SILVA, S.C. PAIXA, A.J.; CAMINHA, F.O.; PEREIRA, L.E.T.; GUARDA, V.D.G.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Structural characteristics of marandu

palisadegrass swards subjected to continuous stocking and contrasting rhythms of growth. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 01, p. 23-30, 2010.

MOLAN, L.K. **Estrutura do dossel, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu submetidos a alturas de pastejo por meio de lotação contínua**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2004. 180p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2004.

MUIR, J. P.; PITMAN, W. D.; FOSTER, J. L. Sustainable, low-input, warm-season, grass–legume grassland mixtures: mission (nearly) impossible? **Grass and Forage Science**, v. 66, n. 3, p. 301-315, 2011.

MUIR, J.P.; PITMAN, W.D.; DUBEUX JR, C.; FOSTER, J.L. The future of warm-season, tropical and subtropical forage legumes in sustainable pastures and rangelands. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 31, n. 3, p. 187-198, 2014.

NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P.; PEDREIRA, C.G.S. Valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASAGEM, 15, 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ/ESALQ, p.203-242, 1998.

OLIVEIRA, A.P.; CASAGRANDE, D.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A.; BARBERO, R.P.; BERCHIELLI, T.T.; RUGGIERI, A.C.; REIS, R.A. Supplementation for beef cattle on Marandu grass pastures with different herbage allowances. **Animal Production Science**, v. 56, n. 1, p. 123-129, 2016.

OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J.L.; SANTOS, D. C. Sistema Santa Brígida - Tecnologia Embrapa: consorciação de milho com leguminosas. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica**, 2010.

PACIULLO, D.S.C.; AROEIRA, L.J.M.; CARVALHO, C.A.B.; MORENZ, M.J.F. Taxa de acúmulo de forragem de *Stylosanthes guianensis* em pastagem consorciada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria, RS. **Anais..** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003.

PARIS, W.; CECATO, U.; BRANCO, A.F.; BARBERO, L.M.; GALBEIRO, S. Produção de novilhas de corte em pastagem Coastcross-1 consorciada com *Arachis pintoi* com

e sem adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.122-129, 2009.

PARIS, W.; CECATO, U.; SANTOS, G.; BARBEIRO, L.; AVANZZO, L.; LIMÃO, V. Produção e qualidade de massa de forragem nos estratos da cultivar coastcross-1 consorciada com *Arachis pintoi* com e sem adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 2, p. 135-143, 2008.

PARSONS, A.J.; CHAPMAN, D.F. The principles of pasture growth and utilization. In: HOPKINS, A. (Ed.). Grass: its production & utilization. **Okehampton: British grassland Society**, p. 31-80, 1998.

PARSONS, A.J.; JOHNSON, I.R.; WILLIAMS, J.H.H. Leaf age structure and canopy photosynthesis in rotationally and continuously grazed swards. **Grass and Forage Science**, v. 43, n. 1, p. 1-14, 1988.

PAULINO, V.T.; BRAGA, G.J.; LUCENA, M.A.C.; GERDES, L.; COLOZZA, M.T. **Sustentabilidade de pastagens consorciadas – ênfase em leguminosas forrageiras**. In: PAULINO, V.T.; LUCENA, M.A.C.; GERDES, L.; COLOZZA, M.T.; BRAGA, G.J. (Org.) II ENCONTRO SOBRE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS. 1 ed. Nova Odessa: IZ/APTA/SAA, v.1, p.1-55, 2008.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; Da SILVA, S.C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivada Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n.2, p. 281-287, 2007.

PEREIRA, J.C. **Produtividade de pastos consorciados de capim-marandu e amendoim forrageiro**. 2015. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PERIN, A.; TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. G. M. Desempenho de algumas leguminosas com potencial para utilização como cobertura viva permanente de solo. **Agronomia**, v. 34, n. 1/2, p. 38-43, 2000.

PHELAN, P.; MOLONEY, A.P.; McGEOUGH, E.J.; HUMPHREYS, J.; BERTILSSON, J.; O'RIORDAN, E.G.; O'KIELY, P. Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 34, n. 1-3, p. 281-326, 2015.

PIRES, W. **Manual de pastagem: formação, manejo e recuperação**. Viçosa: Ed. Aprenda Fácil, São Paulo. p.64-74, 2006.

POPPI, D.P.; HUGHES, T.P.; L'HUILLIER, P.J. Intake of pasture by grazing ruminants. In: NICOL, A.M. (Ed.). Livestock feeding on pasture. **Hamilton: New Zealand Society of Animal Production**, p.55-64, 1997 (Occasional publication, 10).

POPPI, D.P.; VEGA, A. Extent of digestion and rumen condition as factors affecting passage of liquid and digesta particles in sheep. **The Journal of Agricultural Science**, v. 128, n. 2, p. 207-215, 1997.

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

QUEIROZ, M.F.S.; BERCHIEELI, T.T.; MORAIS, J.A.S.; MESSANA, J.D.; MALHEIROS, E.B.; RUGGIERI, A.C. Digestibilidade e parâmetros ruminais de bovinos consumindo *Brachiaria brizantha* cv. marandu. **Archivos de zootecnia**, v. 60, n. 232, p. 997-1008, 2011.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, p.285, 1997.

REIS, R.A.; MELO G.M.P.; BERTIPAGLIA L.M.A.; OLIVEIRA, A.P. Otimização da utilização da forragem disponível através da suplementação estratégica. In: REIS R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A. et al. (Eds.). **Volumosos na produção de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p.187-238, 2005.

REIS, R.A.; RUGGIERI, A.C.; CASAGRANDE, D.R.; PÁSCOA, A.G. Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 147-159, 2009.

REZENDE, A.V.; LIMA, J.F.; RABELO, C.H.S.; RABELO, F.H.S.; NOGUEIRA, D.A.; CARVALHO, M.; FARIA JR, C.N.A.; BARBOSA, L.A. Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada. **Agrarian**, v. 4, n. 14, p. 335-343, 2011.

ROGERS, J.R.; HARVEY, R.W.; POORE, M.H.; MUELLER, J.P.; BARKER, J.C. Application of nitrogen from swine lagoon effluent to bermudagrass pastures: seasonal

changes in forage nitrogenous constituents and effects of energy and escape protein supplementation on beef cattle performance. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 5, p. 1126-1133, 1996.

RUGGIERI, A.C.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E. B. Características de crescimento e produção de matéria seca da *Brachiaria brizantha* (Hochst) stapf cv. Marandu em função de níveis de nitrogênio e regime de corte. **Boletim de Indústria Animal** (Impresso), NOVA ODESSA, SP, v. 02, n.51, p. 149-155, 1994.

RUSSELL, B.J.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.J.; VAN SOEST, P.J.; SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: ruminal fermentation. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.3551-3581, 1992.

SÁ, J.F.; PEDREIRA, M.S.; SILVA, F.F.; BONOMO, P.; FIGUEIREDO, M.P.; MENEZES, D.R.; ALMEIRA, T.B. Fracionamento de carboidratos e proteínas de gramíneas tropicais cortadas em três idades Carbohydrates and proteins fractions of tropical grasses cut at three ages. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 3, p. 667-676, 2010.

SANTANA, J. R.; SANTOS, G. L. Efeito do parcelamento de nitrogênio e intervalo entre cores sobre a produção de matéria seca e de proteína bruta de *Setaria anceps* (Schum.) Stapf & hub. cv. Kazungula. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 12, n. 3, p. 522-534, 1983.

SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; MONTEIRO, F. A. Nutrição de capim-marandu submetido a doses de nitrogênio e idades de crescimento. **Boletim da Indústria Animal**, v. 60, p. 139-146, 2003.

SANTOS, N.L.; SILVA, M.D.; CHAVES, M.A. Efeito da irrigação suplementar sobre a produção dos capins tifton 85, tanzânia e marandu no período de verão no sudoeste baiano. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 911-922, 2008.

SBRISSIA, A.F.; DUCHINI, P.G.; ECHEVERRIA, J.R.; MIQUELOTO, T.; BERNARDON, A.; AMÉRICO, L.F. Produção animal em pastagens cultivadas em regiões de clima temperado da América Latina. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 25, p. 1, 2017.

SCHALEMBERG DIEHL, M.; OLIVO, C.J.; AGNOLIN, C.A.; LIMA DE AZEVEDO JUNIOR, R.; BRATZ, V. F.; COSTA DOS SANTOS, J. Massa de forragem e valor

nutritivo de capim elefante, azevém e espécies de crescimento espontâneo consorciadas com amendoim forrageiro ou trevo vermelho. **Ciência Rural**, v. 44, n. 10, 2014.

SCHIO, A.R.; VELOSO, C.M.; SILVA, F.F.; ÍTAVO, L.C.V.; MATEUS, R.G.; SILVA, R.R. Ofertas de forragem para novilhas nelore suplementadas no período de seca e transição seca/águas. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 1, p. 9-17, 2011.

SILVA, A.G.; FRANÇA, A.F.S.; MIYAGI, E.S.; MELLO, S.Q.S.; FERREIRA, J.F.; CARVALHO, E.R. Frações proteicas do capim-mombaça submetido a doses de nitrogênio em duas alturas de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61; n.5; p.1148-1155, 2009.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 235p., 2002.

SILVA, G.P.; FIALHO, C.A.; FONSECA, L.; CARVALHO, P.C.F.; BREMM, C.; DA SILVA, S.C. Sward structure and short-term herbage intake in *Arachis pintoi* cv. Belmonte subjected to varying intensities of grazing. **The Journal of Agricultural Science**, v. 156, n. 1, p. 92-99, 2018.

SILVA, M.A. **Alturas de pastejo em pastagem consorciada de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi***. 2008. 102f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SIMON, J. C. Conduite des associations: maîtrise du taux de trèfle blanc et des risques de pollution nitrique. **Fourrages**, n. 135, p. 481-497, 1993.

SNNIFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562 - 3577, 1992.

SOLATI, Z.; JORGENSEN, U.; ERIKSEN, J.; SOEGAARD, K. Dry matter yield, chemical composition and estimated extractable protein of legume and grass species during the spring growth. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 12, p. 3958-3966, 2017.

SOLLENBERG, L.E.; MOORE, J.E.; ALLEN, V.G.; PEDREIRA, C.G.S. Reporting Forage Allowance in Grazing Experiments. **Crop Science**, v.45, p.896-900, 2005.



- TAÍZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3º ed., Porto Alegre: Artemed, p.719, 2004.
- TAMELE, O. H.; LOPES DE SÁ, O.A.A.; BERNARDES, T.F.; LARA, M.A.S.; CASAGRANDE, D.R. Optimal defoliation management of brachiaria grass–forage peanut for balanced pasture establishment. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 2, p. 522-531, 2018.
- TAMELE, O. H.; LOPES DE SÁ, O.A.A.; BERNARDES, T.F.; LARA, M.A.S.; CASAGRANDE, D.R. Optimal defoliation management of brachiaria grass–forage peanut for balanced pasture establishment. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 2, p. 522-531, 2018.
- TEIXEIRA, J.C.; ANDRADE, G.A. Carboidrato na alimentação de ruminantes. In: SIMPOSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2, 2001, Lavras. Palestras... Lavras: **Editora UFLA**, v.1, p.165-210, 2001.
- TORO VELÁSQUEZ, P.A.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A.; RIVERA, A.R.; DIAN, P.H.M.; TEIXEIRA, I.A.M.A. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade in vitro de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1206-1213, 2010.
- TRINDADE, J.K.; SILVA, S.C.; SOUZA JÚNIOR, S.J.; GIACOMINI, A.A.; ZEFERINO, C.V.; GUARDA, B.D.; CARVALHO, P.C.F. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**: 1977. Brasília. Vol. 42, n. 6 (jun. 2007), p. 883-890, 2007.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR - Corte**. Viçosa: UFV, 2006.
- VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, p.285, 1997.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. New York: Cornell University Press, 476p., 1994.
- VAN SOEST, P. J. Physic-chemical aspects of fiber digestion. **Digestion and Metabolism in the Ruminant**, v. 1, p. 351-365, 1975.

VENDRAMINI, J.M.B.; DUBEUX JR., M.L.; SILVEIRA, M.L.; SILVA, M.M.S. O papel da leguminosa na ciclagem de nitrogênio em pastos consorciados. In: AS FORRAGEIRAS E AS SUAS RELAÇÕES COM O SOLO, O AMBIENTE E O ANIMAL. **Anais...** Lavras: UFLA, 2013. p. 51-62.

VICENTE - CHANDLER, J. **The intensive management of tropical forages in Puerto Rico.** Rio Piedras: Agricultural Experiment Station, 1964.

WELLES, J.M.; NORMAN, J.M. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. **Agronomy Journal**, v.83, p.818-825, 1991.

WINTER, K.A.; JOHNSON, R. R.; DEHORITY, B.A. Metabolism of urea nitrogen by mixed cultures of rumen bacteria grown on cellulose. **Journal of Dairy Science**, v.47, p.793-797, 1964.

## **CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DO EFEITO MITIGADOR DE METANO ENTÉRICO EM PASTAGENS DE CAPIM-MARANDU CONSORCIADAS COM AMENDOIM FORRAGEIRO OU ADUBADAS COM FERTILIZANTE NITROGENADO**

### **1. INTRODUÇÃO**

A agropecuária consiste em um pilar da economia brasileira e a atividade produtiva que ocupa a maior área do território nacional. Neste cenário, cerca de 95% da produção bovina é desenvolvida em sistemas de pastagens, que permitem elencar o Brasil como o maior detentor do rebanho comercial bovino, com 170 milhões de cabeças, sendo o maior exportador de carne bovina e o quarto maior produtor de leite do mundo (IBGE, 2017). Na busca por maiores rendimentos e produtividade da atividade pecuária, o grande desafio consiste, portanto, em manter o equilíbrio do ecossistema, utilizando os recursos forrageiros eficientemente e de maneira sustentável, com o mínimo de impacto ambiental. A consorciação de gramíneas com leguminosas pode ser uma alternativa à adubação nitrogenada para elevar o potencial produtivo da forragem e, ao mesmo tempo, mitigar a emissão de gases de efeito estufa (GEE) pelos animais.

Embora assumam grande importância no cenário econômico, o setor agropecuário é responsável por 14,5% do total das emissões de GEE induzidas por humanos no mundo (FAO, 2013), o que faz com que a atividade seja frequentemente citada como vilã do aquecimento global. A produção de metano entérico por ruminantes consiste em um processo fundamental para o adequado funcionamento do sistema digestivo desses animais, porém resulta em perda de energia bruta ingerida e, conseqüentemente, reduz o desempenho animal (JOHNSON & JOHNSON, 1995), além de ter sua contribuição em 3,5% nas emissões totais de GEE do mundo e em 0,8% no Brasil (MCTI, 2016).

No âmbito mundial, o CH<sub>4</sub> é considerado o segundo maior contribuinte para o aquecimento global (16%), logo depois do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>; 65%) (IPCC, 2014). O gás oriundo de sistemas pecuários origina-se principalmente da fermentação entérica (90%), sendo o restante produzido a partir da fermentação dos dejetos orgânicos dos animais (MCTI, 2016). Além disso, o CH<sub>4</sub> apresenta potencial de aquecimento global 28 vezes maior que o CO<sub>2</sub> (MYHRE et al., 2013) e tempo de vida

na atmosfera de 9 a 15 anos, sendo sua taxa de crescimento anual de 7,0% (IPCC, 2006).

No ambiente ruminal, o CH<sub>4</sub> é gerado anaerobicamente por micro-organismos metanogênicos e sua produção é modulada principalmente pela presença de CO<sub>2</sub> e hidrogênio (H<sub>2</sub>) livres, ocorrendo a redução destes gases à CH<sub>4</sub> e água (BEAUCHEMIN et al., 2008). Trata-se de um processo diretamente relacionado às características da dieta animal, incluindo o nível de consumo, a qualidade da forragem disponível e a digestibilidade da massa ingerida (COTTLE et al., 2011), bem como à genética e manejo animal e às condições de fermentação ruminal.

A pecuária nacional é desenvolvida principalmente em pastagens do gênero *Brachiaria*, que ocupam mais de 70% das áreas cultivadas (ZIMMER et al., 2012). Nos sistemas extensivos, as forragens são importantes fontes de nutrientes aos ruminantes, fornecendo proteína, energia e fibra necessária para promover condições adequadas ao funcionamento ruminal e tornam-se vantajosas por apresentarem baixo custo de produção e capacidade de oferecer melhores condições de sanidade e conforto animal. Apesar de a pecuária ser citada como a grande emissora de GEE, a atividade possibilita alto potencial de sequestro de carbono atmosférico através de pastagens bem manejadas, que além de reduzir a quantidade de GEE por quilo de carne ou leite produzido, pode aumentar a eficiência produtiva animal de forma a abater o animal mais jovem (ZEN et al., 2008). Desta forma, tem-se economia no uso da terra e redução nos impactos ambientais pelo aquecimento global (CARDOSO et al., 2016).

O valor nutritivo se refere às características inerentes da forragem consumida que determinam a concentração de energia digestível e sua eficiência de utilização (FONTANELLI et al., 2012). Nesse sentido, os componentes químicos que o caracterizam incluem a fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, teor de lignina, teor de proteína bruta, digestibilidade in vitro da matéria seca e teor de extrato etéreo, os quais assumem importância na determinação da qualidade da forragem por influenciarem direta ou indiretamente o consumo voluntário de matéria seca e, conseqüentemente, a produção animal (VAN SOEST, 1994).

Além da composição químico-bromatológica, a característica mais importante das forragens consiste na produção de massa. Embora o potencial produtivo de uma

planta forrageira seja determinado geneticamente, as condições de manejo e do meio, como a temperatura, umidade, luminosidade e, principalmente, a disponibilidade de nutrientes interferem diretamente na produtividade e no valor nutritivo (FAGUNDES et al., 2005). Dentre as variáveis que podem estimar a produção de massa, cita-se a taxa de acúmulo, que consiste na massa de forragem acumulada em um período específico, representando o balanço entre crescimento, senescência, decomposição de material morto e o consumo pelos animais (ALLEN et al., 2011).

O consumo de forragem, por sua vez, pode ser influenciado por diversos fatores associados ao animal, ao pasto e ao ambiente, sendo o principal determinante do desempenho animal em pastejo (CARVALHO et al., 2007). A estimativa do consumo, dentre outros meios, pode ser realizada através da taxa de desaparecimento de forragem, principalmente quando se utiliza pastejo rotacionado com vacas leiteiras, que demandam maior regularidade no consumo (DIEHL et al., 2013).

Frente ao confronto entre a perda de energia na forma de  $\text{CH}_4$  entérico e a busca pelo melhor desempenho animal e econômico, aumentar a eficiência do uso de nitrogênio (EUN) pelos ruminantes torna-se um desafio para os pecuaristas. De acordo com Russel et al. (1992), a redução das perdas de N pelas fezes e urina é possível através da melhoria na eficiência de captura de N degradado no rúmen por meio da síntese de proteína microbiana. Dessa forma, estudos que avaliam a EUN em sistemas de produção bovina se mostram promissores, na medida em que seu uso ineficiente não apenas resulta em perdas excessivas e prejudiciais ao meio ambiente, como também em perdas econômicas.

Diante da importância da disponibilidade de nutrientes às plantas, a utilização de fertilizantes nitrogenados constitui uma atividade eficiente para elevar a produção da cultura (DE OLIVEIRA et al., 2004), uma vez que o N é o elemento que mais limita a produtividade da pastagem (BODDEY et al., 2004) e apresenta correlação positiva com o crescimento e qualidade de folhas, aumentando o valor nutritivo das forragens (ANDRADE, 2013). No entanto, o uso excessivo desses adubos resulta em impactos ambientais, visto que são oriundos de combustíveis fósseis, contribuindo com a emissão de GEE, além de contaminações rios e lençóis freáticos.

Uma alternativa para a redução desses impactos ambientais consiste na introdução de leguminosas nas pastagens. A prática promove incrementos no

consumo e produção animal, proporcionados pela melhoria da qualidade e aumento da oferta da forragem, além de provocar efeitos indiretos relacionados à fixação biológica de N atmosférico (FBN) (OLIVEIRA et al., 2010), que ocorre através da simbiose entre planta e bactérias alojadas nos nódulos radiculares (SPRENT, 2007). Devido ao aporte de N adquirido pela FBN, o consórcio de gramíneas com leguminosas torna-se uma prática vantajosa, na medida em que diminui a utilização de fertilizantes nitrogenados, reduzindo as emissões de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O para a atmosfera e a energia fóssil utilizada na produção de alimentos e forragens (JENSEN et al., 2012). Além disso, estudos têm apresentado aumento na qualidade da forragem em consórcio, em função do menor teor de fibra, maior velocidade de passagem e, em alguns casos, da presença de taninos condensados, que modificam a fermentação ruminal, resultando em redução das emissões de CH<sub>4</sub> pelos ruminantes (BEAUCHEMIN et al., 2008; ARCHIMÈDE et al., 2011).

Na última década, o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* (Krapov. & W.C. Gregory)) vem merecendo grande atenção da pesquisa e de empresas produtoras de sementes. Trata-se de uma leguminosa de alto valor nutritivo e vantajosa principalmente quando utilizada em consórcio com gramíneas tropicais, por apresentar alta capacidade adaptativa e persistência com forrageiras de porte alto e de rápido crescimento, como as dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* (ANDRADE et al., 2012). Além disso, a leguminosa apresenta entre 1,5 a 1,7 % de tanino condensado em sua composição (PAULINO et al., 2012) o que, devido à ação direta desse metabólito na fermentação ruminal, somado ao alto valor nutritivo da forragem, pode reduzir a metanogênese. No Brasil, no entanto, o consórcio de gramíneas tropicais com amendoim forrageiro como estratégia de mitigação de CH<sub>4</sub> entérico em pastagens ainda foi pouco avaliado técnico e cientificamente.

Diante do exposto, sugere-se que seja possível reduzir as emissões de CH<sub>4</sub> entérico e ainda aumentar o desempenho animal a partir de melhorias na qualidade das forragens. Isso pode ser obtido através de estratégias como a escolha de plantas forrageiras com alta concentração de carboidratos solúveis, incluindo leguminosas compostas de metabólitos secundários como o tanino, aliada ao fornecimento de forragens com alto valor nutritivo (LASCANO & CÁRDENAS, 2010), bem como mediante a disponibilização de nutrientes às plantas.

Neste aspecto, tanto a adubação nitrogenada como a FBN pelas leguminosas desempenham semelhante função no desenvolvimento produtivo das pastagens e ainda podem afetar a produção de CH<sub>4</sub> (ANDRADE, 2013), de modo a reduzir a contribuição negativa da pecuária para o aquecimento global e aumentar a eficiência zootécnica e produtiva. No entanto, para isso é necessário conhecer os fatores que afetam a produção de CH<sub>4</sub> entérico, especialmente quando em consórcio com leguminosas ou mediante o uso de fertilizantes nitrogenados.

Assim, a hipótese desta pesquisa foi a de que a introdução de amendoim forrageiro em pastos de capim-marandu pudesse mitigar as emissões de CH<sub>4</sub> entérico por novilhas mestiças leiteiras.

O estudo teve como objetivo avaliar o consumo, a digestibilidade, a composição química, a massa de forragem, o balanço de nitrogênio e a emissão de CH<sub>4</sub> entérico por novilhas leiteiras mestiças recriadas em pastos de capim-marandu, fertilizados com N ou em consórcio com amendoim forrageiro.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

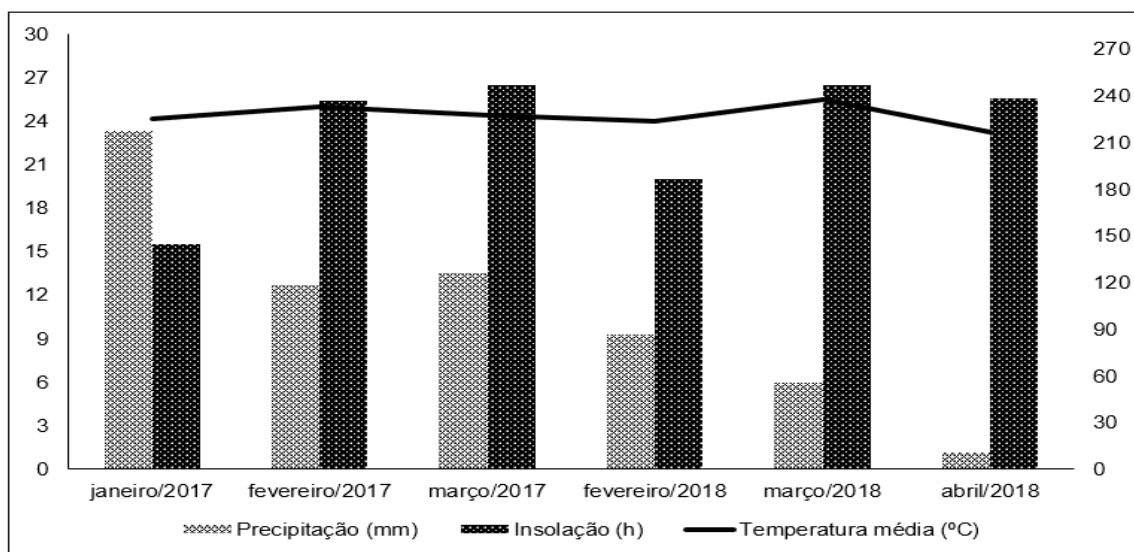
### 2.1. Caracterização do local de origem dos dados

O experimento foi aprovado no conselho de ética e uso de animais em experimentação animal da UNESP, Campus Jaboticabal, sob protocolo 10356/14.

O estudo foi conduzido no Setor de Forragicultura e Pastagens da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, pertencente à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCAV/UNESP), situada no município de Jaboticabal/SP. O local apresenta latitude de 21°14’05” S, longitude de 48°17’09” W e 615 m de altitude.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo vermelho-escuro eutrófico, de textura argilosa, horizonte A moderado, com relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2013). O clima da região, conforme o sistema de Köppen, é do tipo Aw (tropical, caracterizado por invernos secos). De acordo com UNESP/FCAV (2018), a temperatura média anual na cidade de Jaboticabal-SP é de 22,7°C, sendo mínima de 17,1°C e máxima de 30,1°C, com precipitação média anual de 1206,5 mm no período de 1971 a 2010. Os dados meteorológicos foram mensurados diariamente durante o experimento, calculando-se as médias mensais de cada variável climática (Figura 6).

Os dados experimentais foram coletados durante os períodos experimentais da estação chuvosa de dois anos de avaliação (2016/2017 e 2017/2018), nos períodos compreendidos entre fevereiro e março/2017 e março e abril/2018.



**Figura 6.** Dados climáticos durante o período experimental, em Jaboticabal-SP. Fonte: Estação Agroclimatológica UNESP/FCAV (2018).



## 2.2. Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com 3 tratamentos e 7 repetições para as variáveis relacionadas ao animal e 4 para as variáveis relacionadas à forragem. Os tratamentos constaram de: (CONTROLE) pastos de capim-marandu sem fonte nitrogenada; (ADUBADO) pastos de capim-marandu com fonte nitrogenada ( $150 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}$ ); e (CONSORCIADO) pastos de capim-marandu consorciados com amendoim forrageiro. A unidade experimental foi o animal para avaliação de emissão de metano, consumo de forragem e balanço de nitrogênio, sendo 7 animais por tratamento. Enquanto para as variáveis de massa e composição química, a unidade experimental foi o piquete, sendo 4 piquetes por tratamento.

A área total experimental foi de 4,0 hectares, sendo 2,56 ha destinados à área reserva e 1,44 ha destinados aos tratamentos e repetições. Esta área foi dividida em 12 piquetes, subdivididos em 3 unidades cada, com área aproximada de  $400 \text{ m}^2$ , manejadas com base nas metas de pastejo detalhadas a seguir.

## 2.3. Implantação das pastagens

A semeadura do capim-marandu [*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu [syn. *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. D. Webster cv. Marandu]] foi realizada em sistema de plantio direto, em novembro de 2014, à profundidade de 0,03 m, com espaçamento de 0,45 m entre linhas, sendo utilizadas 28 sementes por metro ( $\pm 10 \text{ kg de sementes ha}^{-1}$ ), conforme Kluthcouski et al. (2000). No tratamento do capim consorciado com a leguminosa, o amendoim forrageiro (*Arachis pintoii* cv. Amarillo) foi semeado simultaneamente nas entrelinhas do capim-marandu, à mesma profundidade, utilizando-se 8 sementes por metro ( $\pm 10 \text{ kg de sementes ha}^{-1}$ ), conforme Carvalho (2009). Nos dois anos subsequentes foi realizado o plantio de mudas de amendoim forrageiro objetivando aumentar o estande de leguminosas no tratamento consorciado.

Na adubação de implantação do capim-marandu, utilizou-se  $60 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ,  $40 \text{ kg de N ha}^{-1}$  e  $20 \text{ kg de S ha}^{-1}$ . Na adubação de implantação do consórcio utilizou-se  $80 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ,  $30 \text{ kg de S ha}^{-1}$  e  $60 \text{ kg de micronutrientes ha}^{-1}$ .

No tratamento de capim-marandu adubado, foram aplicados 150 kg N ha<sup>-1</sup> ano, através do fertilizante ureia (45% N), fracionados em 3 aplicações à lanço (10/nov/2016; 10/jan/2017 e 10/mar/2017 no primeiro ano experimental e 14/nov/2017; 15/jan/2018 e 25/mar/2018 no segundo ano).

As adubações de manutenção de todos os tratamentos com P e K para os dois anos experimentais foram determinadas com base nos resultados obtidos nas análises de solo, realizadas em julho de 2016 e de 2017 (Tabela 9), seguindo a recomendação do Boletim Técnico 100 (VAN RAIJ et al., 1997).

**Tabela 9.** Análise química do solo de pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha<sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro ou sem adubação nitrogenada (controle) (2017).

Tratamento	P	S	M.O.	pH	K	Na	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>					mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%	%
Aadubado	10	7	31	5,7	3,1	NS	34	10	27	0	47,1	74,0	64	1
Consoociado	7	13	36	5,4	4,2	NS	31	9	38	0	44,0	82,1	54	0
Controle	8	10	33	5,6	5,3	NS	28	9	32	0	41,5	73,4	57	1

P = fósforo; S= enxofre; MO = matéria orgânica; pH =acidez (água); K = potássio; Na = sódio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = hidrogênio somado ao alumínio; Al = alumínio; SB= soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; m = saturação por alumínio. Laboratório Athenas, Jaboticabal - SP.

Nos piquetes experimentais e reservas, a adubação fosfatada foi realizada mediante fertilizante superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), em quantidade total de 322 kg ano<sup>-1</sup>, enquanto a adubação potássica foi feita através do fertilizante cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O), com 120 kg ano<sup>-1</sup>. As adubações de manutenção foram realizadas uma vez ao ano, nos dias 10/nov/2016 e 14/nov/2017, no primeiro e segundo anos experimentais, respectivamente.

#### 2.4. Manejo da pastagem e animais

No primeiro ano experimental, foram utilizadas 21 novilhas mestiças (SRD) com aptidão leiteira, não lactantes e com peso médio de 300 kg e no segundo, foram 26 novilhas do mesmo padrão genético, com peso médio de 270 kg.

O método de pastejo adotado foi o de lotação intermitente, com taxa de lotação variável, segundo a técnica *mob stocking* (ALLEN et al., 2011), que consiste na alta pressão de pastejo por um curto período de tempo a fim de remover a forragem rapidamente. O pastejo era iniciado quando o capim-marandu atingia 95% de interceptação luminosa (IL), que segundo Pedreira et al. (2007) corresponde à IL que propicia a maior produtividade de forragem e valor nutritivo. A taxa de lotação foi ajustada de forma que o período de ocupação fosse de 1 dia por piquete, tendo como meta a altura de resíduo média de 15 cm.

A IL foi medida com o auxílio de aparelho analisador de dossel marca LI-COR, modelo LAI-2200 (LI-COR®, Lincoln, Nebraska, USA), cujo funcionamento foi descrito por Welles & Norman (1991) e que permite amostragens rápidas e não destrutivas. Foram utilizadas 12 estações de leitura por piquete, sendo uma tomada acima do dossel e onze tomadas sob o dossel próximas ao nível do solo. Nas condições do experimento, a altura média correspondente à IL de 95% no capim-marandu foi de 28 cm (Tabela 10) que, segundo Pereira et al. (2017), corresponde à altura ideal para o manejo do capim-marandu consorciado com amendoim forrageiro.

**Tabela 10.** Alturas pré-pastejo (cm) em pastos de capim-marandu adubados com N, consorciados com amendoim forrageiro ou sem fonte nitrogenada (controle).

Ano	Ciclo	Tratamentos			EMP
		Adubado	Conсорciado	Controle	
1	4	54,00	29,78	30,13	8,12
1	5	41,94	27,67	28,16	5,09
2	4	31,8	18,8	21,4	4,6
2	5	22,5	17,1	15,7	2,6

As novilhas foram pesadas no início e no final de cada período de avaliação do CH<sub>4</sub> entérico e demais parâmetros, e o ajuste da carga animal por tratamento foi feito com base no peso médio. Os piquetes-reserva de capim-marandu adubados com N, P e K foram destinados à permanência dos animais quando não estavam em período experimental.

## 2.5. Amostragem e análises

### 2.5.1. Massa de forragem

Para determinação da massa de forragem, antes e após o pastejo foram medidos dezesseis pontos de altura do capim-marandu ao acaso com auxílio de uma bengala graduada, seguindo a metodologia de Barthram (1985). A partir da altura média, foram coletadas duas amostras representativas de capim por piquete. Tal procedimento foi realizado mediante corte à 5 cm do solo de toda forragem contida em uma moldura metálica de 0,25 m<sup>2</sup>.

As perdas de forragem foram determinadas de acordo Cecato et al. (2001) utilizando-se molduras metálicas de 0,25m<sup>2</sup>. A área era limpa antes da entrada dos animais e, após a saída dos mesmos, era retirada toda a matéria seca de plantas mortas presente acima da superfície do solo (liteira), bem como as porções de tecido de forragem senescente na estrutura das plantas.

A partir dos cortes pré e pós pastejo, cada amostra de forragem foi subdividida em duas subamostras, sendo uma para uma para determinação do teor de matéria seca (MS) e outra para determinação da composição morfológica da forragem, fracionada em colmo + bainha, folha e material morto. No material referente ao consórcio, as amostras também foram separadas quanto à composição botânica (gramínea e leguminosa). Posteriormente, todas subamostras e suas frações foram pesadas e secas em estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas e pesadas novamente para obtenção dos teores de MS e da composição morfológica da forragem.

A massa de forragem total foi calculada com base na massa de MS dos componentes morfológicos (GIMENES et al., 2011).

A oferta de forragem (OF; kg MS 100kg<sup>-1</sup> PC) foi calculada através da seguinte equação (12):

$$OF = \frac{MF}{Carga\ animal/100} \quad (12)$$

onde MF corresponde à massa de forragem pré-pastejo (kg MS ha<sup>-1</sup>) e carga animal, ao somatório de PC dos animais no piquete (kg PC ha<sup>-1</sup>).

A oferta de folhas, por sua vez, foi calculada através da multiplicação da oferta de forragem pelo percentual de folhas do piquete previamente estimado.

### 2.5.2. Composição química da forragem

Para avaliar a composição química da forragem consumida, foram feitas coletas de forragem simulando o pastejo dos animais a cada repetição e em todos os ciclos de pastejo, pelo método *hand-plucking* (SOLLENBERGER & CHERNEY, 1995). A amostragem foi feita a partir da observação do comportamento animal em pastejo e posterior coleta de uma amostra representativa da ingestão dos animais durante o período de ocupação, imediatamente após a entrada dos animais no piquete.

As amostras coletadas foram identificadas e levadas ao laboratório. Após pesadas, foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas e pesadas novamente para determinação da MS. Em seguida, foram processadas em moinho do tipo Willey, com peneira de malha de 1 mm.

Após moídas, as amostras foram submetidas às análises bromatológicas, seguindo as metodologias empregadas pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT) (DETMANN et al., 2012). Dessa forma, os componentes químicos analisados foram os seguintes: N total (proteína bruta) pelo método de Kjeldahl (método INCT-CA N-001/1); constituintes da fração fibrosa, como fibra insolúvel em detergente neutro (FDN; método INCT-CA F-001/1), fibra em detergente ácido (FDA; método INCT-CA F-003/1), ambos pelo método de analisador de fibras ANKOM (ANKOM Technology, EUA) e lignina pelo método da hidrólise ácida (INCT-CA F-005/1); cinzas (INCT-CA M-001/1); extrato etéreo pelo método de Goldfish (INCT-CA G-004/1) e energia bruta através da queima das amostras em bomba calorimétrica IKA® modelo C2000 Basic, automatizado.

Os teores de matéria orgânica (MO), hemicelulose e lignina foram calculados conforme equações abaixo (13, 14, 15). Os carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados de acordo com Sniffen et al. (1992).

$$MO = 100 - \%cinzas \quad (13)$$

$$Hemicelulose = \%FDN - \%FDA \quad (14)$$

$$Celulose = \%FDA - \%Lignina \quad (15)$$

### 2.5.3. Produção fecal dos animais

O consumo de forragem pelos animais foi estimado utilizando-se o óxido crômico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) como indicador externo. Para isso, foram fornecidos 10 g de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> via esôfago, acondicionados em cartuchos de papel e introduzidos no rúmen com auxílio de um aplicador de PVC. O fornecimento do indicador ocorreu durante 10 dias, sendo os 7 primeiros dias para adaptação e os 3 últimos para coleta de fezes (HOPPER et al., 1978), em horários pré-estabelecidos (15h00, 11h00 e 7h00), seguindo a metodologia de Detmann et al. (2001).

As amostras de fezes foram coletadas diretamente nos piquetes, no momento da defecação do animal, com auxílio de luvas e sacos plásticos. Em seguida, foram identificadas, pesadas e secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas e moídas em moinho de facas tipo Willey (1 mm). As amostras referentes aos diferentes horários de coleta compuseram uma única amostra composta para cada animal. Posteriormente, essas amostras compostas foram encaminhadas ao laboratório da Universidade Federal de Viçosa (UFV) para recuperação fecal do  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , por via úmida, segundo a metodologia de Williams et al. (1962) e, a partir destes dados, foi calculada a excreção fecal através da equação proposta por Detmann et al. (2001) (Equação 16).

$$EF (g \text{ dia}^{-1}) = \frac{Cr_2O_5 \text{ fornecido } (g \text{ dia}^{-1})}{\text{Concentração de } Cr_2O_5 (g \text{ kg}^{-1} \text{ MS})} \quad (16)$$

### 2.5.4. Proporção de leguminosas na composição da dieta

Para determinação da proporção de gramínea e de leguminosa na composição da dieta, as amostras de pastejo simulado e de fezes foram moídas em moinho de rolo e enviadas ao Laboratório de Isótopos Estáveis da Embrapa Agrobiologia. A concentração dos componentes botânicos foi determinada através das análises da abundância de <sup>13</sup>C, seguindo a técnica do <sup>13</sup>C (JONES et al., 1979), conforme descrito por Macedo et al. (2010), através da espectrometria de massa de razões isotópicas.

### 2.5.5. Digestibilidade e consumo de matéria seca

O consumo e a digestibilidade de matéria seca foram estimados com base nos dados de produção fecal utilizando a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como marcador interno.

Para quantificação do teor de FDNi, amostras de pastejo simulado e de fezes foram devidamente acondicionadas em sacos de filtro modelo F-57 da marca ANKOM e dispostos no rúmen de animais fistulados para incubação *in situ* por 240 horas, conforme sugerido por Casali et al. (2008).

Após a retirada do rúmen, os sacos foram lavados em água corrente até total clareamento e imediatamente transferidos para estufa de circulação forçada de 55°C por 72 horas. Na sequência, os sacos permaneceram em estufa não-ventilada de 105°C por 45 minutos, acondicionados em dessecador (20 bolsas/dessecador) e pesados para obtenção da MS indigestível. Posteriormente a este processo, os sacos foram submetidos à extração com detergente neutro através do analisador de fibras ANKOM e todo o procedimento de secagem foi repetido para quantificação da FDNi, conforme metodologia de Detmann et al. (2001) (INCT-CA F-008/1).

A FDNi foi utilizada como indicador interno para estimação do consumo de matéria seca (CMS) e para o cálculo da digestibilidade (DMS), sendo empregadas as seguintes fórmulas (Equações 17 e 18), propostas por Detmann et al. (2001).

$$CMS (kg MS dia^{-1}) = \frac{EF * CIF}{CIFO} \quad (17)$$

$$DMS = 1 - \frac{CIFO}{CIF} \quad (18)$$

em que EF = excreção fecal (kg dia<sup>-1</sup>); CIF = concentração do indicador FDNi nas fezes (kg kg<sup>-1</sup>); CIFO = concentração do indicador FDNi na forragem (kg kg<sup>-1</sup>).

### 2.5.6. Emissão de metano entérico dos animais

Para avaliação da emissão de CH<sub>4</sub> entérico dos animais em pastejo foi utilizada a metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>), desenvolvida e patenteada por Zimmerman (1993) e adaptada por Berndt et al. (2014). Para isso, antes do início das coletas de CH<sub>4</sub> os animais passaram por um período de adaptação de 10 dias ao uso do cabresto e da canga coletora (aparato próprio para adaptação), de modo a evitar alterações induzidas pelo estresse animal.

Cápsulas de permeação de SF<sub>6</sub> foram devidamente confeccionadas seguindo a metodologia de Berndt et al. (2014), e passaram por um período de calibração durante cerca de 8 semanas, sendo pesadas semanalmente no mesmo horário até atingirem emissão constante. A partir da curva de calibração obtida, determinou-se o fluxo de SF<sub>6</sub> de cada cápsula para posterior cálculo da emissão de CH<sub>4</sub> pelos animais.

Uma cápsula de permeação foi introduzida no rúmen/retículo de cada animal 7 dias antes da primeira coleta com auxílio de um aplicador de PVC. Assim, o SF<sub>6</sub> liberado pela cápsula em pequena e conhecida quantidade misturou-se aos gases da fermentação ruminal, atuando como um traçador do CH<sub>4</sub> produzido pelo animal.

Após o período de adaptação com o aparato específico para este fim, em cada animal foi instalada uma canga coletora-armazenadora em tubo de PVC de 60 mm de classe 20. A pressão interna da canga foi próxima de -93 kPa, calibrada para atingir 50% da pressão atmosférica no final do período de coleta, mediante tubo capilar de aço inoxidável com 0,127 mm de diâmetro interno preso a um cabresto. Tal calibração foi determinada pela constrição do tubo capilar e a canga foi conectada ao tubo capilar por meio de engate rápido.

As coletas de CH<sub>4</sub> entérico foram realizadas ao longo de 6 dias consecutivos em intervalos de 24 horas, sendo o último dia considerado extra para reposição de amostras eventualmente perdidas e foram realizadas concomitantemente à aplicação de cromo e coleta de fezes para determinação do consumo de MS.

As concentrações de CH<sub>4</sub> e SF<sub>6</sub> foram determinadas em cromatógrafo à gás Shimadzu CG2014 (Kyoto, Japan). As análises dos gases foram realizadas imediatamente ao final dos períodos de coleta de campo, de modo a evitar possíveis perdas de amostras e possibilitar o reuso das cangas no ciclo de coleta seguinte.

Concomitantemente à troca diária do aparato coletor nos animais, foi instalado um conjunto coletor (canga + cabresto) nos piquetes de cada tratamento em que os animais se encontravam naquele momento, a fim de captar o ar atmosférico. A este aparato atribuiu-se a denominação de “branco”. As concentrações de CH<sub>4</sub> e de SF<sub>6</sub> das condições atmosféricas foram subtraídas de suas concentrações nas cangas coletoras (Equação 19) permitindo obter a produção diária de metano.

$$Q_{CH_4} = Q_{SF_6} * ([CH_4]_y - [CH_4]_b) / ([SF_6]_y - [SF_6]_b) \quad (19)$$



em que  $QCH_4$  corresponde à taxa de emissão de  $CH_4$ ;  $QSF_6$ , à taxa conhecida de emissão de  $SF_6$ ;  $[CH_4]_y$  à concentração de  $CH_4$  (ppm) das cangas coletoras;  $[CH_4]_b$  à concentração de  $CH_4$  das cangas branco;  $[SF_6]_y$  à concentração de  $SF_6$  (ppt) das cangas coletoras e  $[SF_6]_b$  à concentração de  $SF_6$  das cangas branco.

A partir dos dados primários, foi calculada a emissão potencial de  $CH_4$  em gramas por dia ( $g CH_4 dia^{-1}$ ), em gramas por dia por quilograma de peso metabólico ( $g CH_4 dia^{-1} kg^{0,75}$ ) e a perda de energia digestível ingerida na forma de  $CH_4$ , ou seja, a taxa de conversão de metano ( $Y_m$ ). Para este cálculo, utilizou-se a equação (20) de Blaxter & Clapperton (1965) corrigida por Wilkerson et al. (1995), considerando 0,05565 MJ/kg de  $CH_4$  e a energia obtida nas amostras de pastejo simulado (HOLTER & YOUNG, 1992), de modo a estimar a energia digestível a partir do percentual digestivo da energia bruta ( $Y_m$ ).

$$Y_m = [(CH_4 \times 0,05565)/CEB] \times 100 \quad (20)$$

### 2.5.7. Produção de urina dos animais e balanço de nitrogênio

Para estimar o volume urinário, a concentração de N e de outros compostos na urina, alíquotas de 50 ml de urina (amostra *spot*) foram obtidas a partir da coleta total de cada animal, seguindo a metodologia de Chizzotti et al. (2006). O processo foi feito concomitantemente à coleta de  $CH_4$  entérico e a urina foi coletada de todos os animais nos piquetes, aproximadamente às 6 horas da manhã, com o auxílio de um coletor adaptado. A partir das 5 coletas, foram realizadas amostras compostas para cada animal por ciclo de pastejo.

A urina foi filtrada e alíquotas de 10 mL foram diluídas imediatamente em 40 mL de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) a 0,072 M para evitar destruição bacteriana dos derivados de purinas e precipitação do ácido úrico, e foram armazenadas à  $-15^\circ C$  para posterior submissão às análises.

As concentrações dos derivados de purina (DP), como ácido úrico e alantoína, foram determinadas através de kits comerciais Analisa® pela metodologia enzimática-colorimétrica e pela metodologia de Fujihara et al. (1987), descrita por Chen & Gomes (1992), respectivamente. A excreção total de DP foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretadas na urina, expressas em mmol/dia.

As purinas absorvidas ( $P_{abs}$ , mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de DP, utilizando-se a equação (21) a seguir:

$$DP = 0,84 \times P_{abs} + 0,236 \times PC^{0,75} \quad (21)$$

em que 0,84 corresponde à recuperação de purinas absorvidas como DP e  $0,236 \times PC^{0,75}$ , à excreção de DP de origem endógena (ORELLANA BOERO et al., 2001).

A síntese ruminal de compostos nitrogenados ( $N_{mic}$ , g dia<sup>-1</sup>) foi calculada em função das purinas absorvidas, através da seguinte equação (22) (CHEN & GOMES, 1992):

$$N_{mic} = (70 \times P_{abs}) / (0,83 \times 0,134 \times 1000) \quad (22)$$

em que 70 corresponde ao conteúdo de N nas purinas (mg N/mol); 0,134 à relação N purina:N total nas bactérias (VALADARES et al., 1999) e 0,83 à digestibilidade das purinas microbianas.

A eficiência do uso de nitrogênio (EUN) foi calculada pela equação (23) a seguir, proposta por Detmann et al. (2014).

$$EUN = \frac{\text{Balanço de N (g dia}^{-1}\text{)}}{\text{N ingerido (g dia}^{-1}\text{)}} \quad (23)$$

onde o balanço de N é calculado pela soma das excreções de N nas fezes e na urina subtraída da ingestão de N; e  $N_{ing}$  corresponde ao N ingerido (g animal<sup>-1</sup> dia).

Outra alíquota de urina composta concentrada foi utilizada para estimar o teor de N total pelo método de DUMAS (LECO®) e a concentração de ureia através de kits comerciais Analisa® pela metodologia enzimática colorimétrica.

A concentração de creatinina na amostra *spot* também foi determinada com o uso de kits comerciais Analisa® pelo método colorimétrico, com utilização de picrato alcalino e foi utilizada para estimar o volume urinário. A excreção diária de creatinina (EC, em mg dia<sup>-1</sup>) foi estimada pela seguinte equação (24), proposta por Chizzotti et al. (2004):

$$EC = 37,88 \times PV^{0,9315} \quad (24)$$

O N excretado via urina foi obtido pela multiplicação do volume urinário pela concentração do N na urina (CHIZZOTI et al., 2006).

## 2.6. Análise estatística das variáveis avaliadas

Inicialmente os dados foram analisados quanto à homocedasticidade e normalidade dos resíduos, utilizando os testes de BoxCox e de Cramer-von Mises,

respectivamente, do programa R (R CORE TEAM, 2018). A análise das variâncias (ANOVA) foi conduzida utilizando procedimento considerando o delineamento inteiramente casualizado. O modelo matemático foi:

$$y_{ij} = m + t_i + e_{ij}$$

onde  $y_{ij}$  = valor observado na unidade experimental que recebeu o tratamento  $i$ , repetição  $j$ ;  $m$  = efeito geral da média;  $t_i$  = efeito do tratamento  $i$ ;  $e_{ij}$  = erro aleatório (resíduo).

Quando significativas, as médias dos três tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey-HSD a 5% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Massa de forragem

Os resultados obtidos no experimento referentes à produção de massa, oferta de forragem e composição morfológica e química da forragem dos três tratamentos estão apresentados na Tabela 11.

Verifica-se que as médias de massa de forragem (MF) entre os tratamentos diferiram entre si ao nível de 93% de probabilidade ( $p=0,07$ ), com valores equivalentes à 4980,0; 3689,4 e 4815,1 kg ha<sup>-1</sup> nos tratamentos adubado, consorciado e controle, respectivamente (Tabela 11). No tratamento consorciado obteve-se 524,3 kg MS ha<sup>-1</sup> de MF de amendoim forrageiro.

**Tabela 11.** Massa de forragem e composição química do pastejo simulado de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha<sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de dois anos de avaliação (n = 16).

Item	Tratamentos			EPM	p-valor
	Adubado	Consorciado	Controle		
<b>Características de forragem</b>					
Massa de forragem (kg ha <sup>-1</sup> )	4980,0	3689,4	4815,1	393,97	0,0702
Folhas (g kg <sup>-1</sup> )	329	309	360	16,58	0,3985
Colmo + bainha (g kg <sup>-1</sup> )	302	263	255	18,13	0,5402
Material morto (g kg <sup>-1</sup> )	371	271	364	28,05	0,1207
Oferta de forragem <sup>1</sup>	7,55	6,52	7,55	0,74	0,5852
Oferta de folhas <sup>1</sup>	3,27 a	1,94 b	2,72 ab	0,23	0,0294
<b>Composição química</b>					
PB (g kg <sup>-1</sup> MS)	112,3 a	84,5 b	82,6 b	5,41	<0,0001
FDN (g kg <sup>-1</sup> MS)	588,7 b	601,4 ab	618,0 a	5,59	0,0355
Hemicelulose (g kg <sup>-1</sup> MS)	299,6 b	304,7 ab	311,0 a	3,55	0,0093
Celulose (g kg <sup>-1</sup> MS)	259,1 b	268,1 b	285,2 a	3,97	0,0010
FDA (g kg <sup>-1</sup> MS)	295,7	301,7	306,5	4,10	0,2749
Lignina (g kg <sup>-1</sup> MS)	25,0	26,4	26,6	3,78	0,9529
DMS (g kg <sup>-1</sup> MS)	620,2	567,0	603,6	15,42	0,3860
DMO (g kg <sup>-1</sup> MO)	687,7	641,4	676,8	16,24	0,5103
EE (g kg <sup>-1</sup> MS)	19,4	17,4	19,4	0,45	0,1430
MO (g kg <sup>-1</sup> MS)	897,2 a	882,7 b	893,0 ab	3,35	0,0466
Cinzas (g kg <sup>-1</sup> MS)	101,6 b	117,3 a	107,0 ab	3,35	0,0327
Energia (MJ kg <sup>-1</sup> MS)	188,8 a	180,1 b	179,8 b	0,62	<0,0001
CT (g kg <sup>-1</sup> MS)	756,8 b	794,3 a	791,9 a	7,16	0,0002
CNF (g kg <sup>-1</sup> MS)	169,6	177,7	155,6	8,35	0,4958
NDT (g kg <sup>-1</sup> MS)	574,5	517,6	552,3	15,26	0,3540

Erro padrão da média (EPM), peso corporal (PC), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato

etéreo (EE), digestibilidade da matéria seca (DMS), digestibilidade da matéria orgânica (DMO), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT). Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey-HSD ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup> (kg MS 100 kg<sup>-1</sup> PC)

Segundo Boddey et al. (2004) e Andrade (2013), o N consiste no nutriente que mais limita a produtividade das pastagens e que ao mesmo tempo incrementa a produção de MS por aumentar a emissão de folhas novas e favorecer o crescimento das plantas. Além disso, a adubação nitrogenada aumenta o vigor de rebrota da planta, visto que o N, quando disponível e após o pastejo, promove rápida expansão das folhas, repondo rapidamente os tecidos fotossintéticos e eleva a formação de perfilhos, responsável pela maior produção de MS (REZENDE et al., 2011).

Dessa forma, mesmo que a níveis de 93% de probabilidade, os resultados encontrados nesse estudo demonstraram que o aporte de N fornecido pela adubação nitrogenada foi suficiente para promover diferença significativa de MF quando comparado ao tratamento consorciado. Resultados semelhantes são encontrados na literatura, de melhorias na estrutura do pasto e aumento da produção de biomassa mediante utilização de adubação nitrogenada (COSTA et al., 2009; FLORES et al., 2008; MESQUITA et al., 2010). Ainda assim, a média de MF do tratamento que recebeu 150 kg N ha<sup>-1</sup> está abaixo de 6345 kg ha<sup>-1</sup> e 6436 kg ha<sup>-1</sup>, sob aplicações de 90 e 180 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente, observadas por Delevatti et al. (2019), o que pode ser atribuído à maior densidade de perfilhos na pastagem de 15 anos estudada por estes autores, comparada à de 3 anos deste estudo.

Por outro lado, diferentemente do esperado, o aporte de N proporcionado pela FBN das leguminosas não foi suficiente para promover incrementos na MF. Nesse estudo, portanto, os resultados diferem dos trabalhos de Gonçalves & Costa (1994), Ibrahim & t' Mannelje (1998) e de Paciullo et al. (2003), que encontraram aumento significativo na MF das pastagens consorciadas quando comparadas ao cultivo exclusivo de gramíneas. A média de MF do consorciado ainda foi inferior à verificada por Pereira (2015), de 9373 kg MS ha<sup>-1</sup> de MF total pré-pastejo em pastos de capim-marandu consorciados com *A. pintoii* cv Mandobi manejados à 95% IL, sendo 1924 kg MS ha<sup>-1</sup> referentes à massa da leguminosa, valor também superior ao nosso. Tais resultados evidenciaram, portanto, o efeito do N promovido pela FBN na MF.

Outro fator que pode justificar a ausência de incremento na MF pela FBN consiste no fato de que em pastagens consorciadas ocorre competição entre a leguminosa e a gramínea, de modo que, devido ao crescimento prostrado da primeira, o volume de espaço não ocupado por estruturas de plantas, principalmente a gramínea, seja maior que na gramínea em monocultivo, diminuindo a densidade de forragem (BARBERO et al., 2009).

Embora a MF não tenha apresentado diferenças significativas, em todos os tratamentos as médias foram superiores a 2000 kg ha<sup>-1</sup>, a qual, segundo Minson (1990), é considerada o limite mínimo de forragem disponível em pastos de gramíneas tropicais para não restringir o consumo de forragem pelos animais.

A oferta de forragem também não foi afetada pela adubação nitrogenada e pela consorciação com leguminosas ( $p > 0,05$ ), apresentando médias de 7,55 kg MS 100 kg<sup>-1</sup> PC nos tratamentos adubado e controle, e 6,52 kg MS 100 kg<sup>-1</sup> PC no consórcio (Tabela 11). No entanto, as três médias estão inferiores às observadas por Flores et al. (2008), de 11,5; 15,0 e 22,2 kg MS 100 kg<sup>-1</sup> PC, em pastos de capim-marandu e xaraés manejados à 15, 25 e 40 cm de altura, respectivamente. É importante ressaltar que neste estudo o manejo dos animais adotado seguiu a técnica *mob stocking* proposta por Allen et al. (2011), sendo que a taxa de lotação foi ajustada com base na oferta de forragem de cada piquete, de modo que o período de ocupação por piquete fosse de 1 dia e tendo como meta 15 cm de altura média de resíduo. Neste estudo, a eficiência de pastejo foi próxima à meta de 50%, uma vez que a altura média de entrada foi 28 cm.

Os pastos de capim-marandu adubados com N, consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada apresentaram composição morfológica semelhante estatisticamente ( $p > 0,05$ ), com médias de, respectivamente, 329, 309 e 360 g kg<sup>-1</sup> para as quantidades de folhas; 302, 263 e 255 g kg<sup>-1</sup> para colmo + bainha e 371, 271 e 364 g kg<sup>-1</sup> para material morto (Tabela 11). As quantidades de folhas e de colmo + bainha observadas neste experimento em todos os tratamentos foram superiores às obtidas por Flores et al. (2008) de, respectivamente, 264 e 241 g kg<sup>-1</sup> em pastos de *Brachiaria* manejados à 15 cm de altura, porém os autores verificaram média de material morto superior (495 g kg<sup>-1</sup>) ao nosso estudo. Nesta última variável, os resultados corroboram com Paris et al. (2009), que também não observaram

diferenças entre tratamentos ao avaliarem a composição morfológica de pastos de coastcross consorciados com *Arachis pinto* ou adubados com N.

Nesse sentido, Barbero et al. (2009) explicam que embora o N, seja ele proveniente de adubação ou de FBN, possa incrementar a produção de massa através da maior produção de folhas, também proporciona produção de colmos, sendo ambos constituintes dos perfilhos, de modo que haja mesma quantidade relativa de folhas e colmos. Ribeiro et al. (2012) acrescentam que a quantidade de N fixado pela leguminosa é suficiente para favorecer o crescimento da gramínea através do aumento da quantidade de folhas, haja visto que o N é liberado gradativamente, proporcionando um crescimento mais uniforme da gramínea.

Segundo Cecato et al. (2001), entre os fatores que influenciam a taxa de senescência e as perdas de foragem, estão o manejo da pastagem, a adubação, a estação de crescimento e o sistema de pastejo. Nesse sentido, as baixas proporções de material morto encontradas nas condições deste experimento podem indicar que não houve insuficiência de nutrientes como N nas folhas, o que, segundo Gomide (1994), é um fator que acelera o processo de senescência da planta e resulta, portanto, em altas quantidades desse componente morfológico.

A oferta de folhas foi significativamente superior no tratamento adubado (3,27 kg MS 100 kg<sup>-1</sup> PC) em relação ao consorciado (1,94 kg MS 100 kg<sup>-1</sup> PC) ( $p < 0,05$ ), sendo que ambos não diferiram do controle (2,72 kg MS 100 kg<sup>-1</sup> PC) (Tabela 11). Conforme justificativa supracitada, por se tratar do nutriente responsável pela emissão de folhas novas, o N proveniente da adubação nitrogenada proporcionou maior aporte e condições nutricionais favoráveis ao aparecimento e desenvolvimento de perfilhos, o que explica a maior oferta de folhas obtida no tratamento adubado, similar à encontrada por Flores et al. (2008). Essas diferenças na oferta de folhas verdes podem refletir em diferenças no ganho de peso de novilhas em recria.

Segundo Casagrande et al. (2011), a maior oferta de folhas é importante nos sistemas de pastejo na medida em que reflete melhor a qualidade de forragem à disposição dos animais. Isso se justifica pelo maior valor nutritivo e pela maior preferência dos animais por esse componente morfológico em relação aos colmos.

### 3.2. Composição química da forragem

A adubação nitrogenada proporcionou incremento de até 26% no teor de PB da forragem, que foi superior no tratamento adubado ( $p < 0,05$ ), apresentando médias de 112,3; 84,5 e 82,6 g kg<sup>-1</sup> MS nos tratamentos adubado, consorciado e controle, respectivamente (Tabela 11).

Sabe-se que o N aplicado às plantas eleva a concentração de PB na MS por promover aumento dos compostos nitrogenados solúveis, como peptídeos, aminoácidos e nitratos em seus tecidos (VAN SOEST, 1994; HERINGER & JACQUES, 2002) e, assim, intensificar a síntese de proteína solúvel (DUPAS et al., 2016; LOAIZA et al., 2017; SOLATI et al., 2017). Dessa forma, o aumento de PB verificado no tratamento adubado também foi observado por Vicente-Chandler (1964); Santana & Santos (1983); Cecato et al. (1994), Ruggieri et al. (1994) e mais recentemente por Delevatti et al. (2019). Neste último, os autores obtiveram médias de 135,5 e 150,9 g kg<sup>-1</sup> nos capim-marandu adubado com 90 e 180 kg N ha<sup>-1</sup> ano, resultados estes superiores aos desse estudo.

Além do maior aporte de N proveniente do adubo, Cecato et al. (2004) também atribui o aumento na PB à época favorável ao crescimento da planta forrageira, em que os fatores climáticos favorecem o melhor aproveitamento do N aplicado.

O menor teor de PB encontrado no tratamento controle também foi registrado por Primavesi et al. (2004), avaliando a emissão de CH<sub>4</sub> entérico por vacas secas e novilhas em pastos de capim-tobiatã e *B. decumbens* adubados ou não com N. Os autores, no entanto, verificaram teores de PB inferiores aos desse estudo nos pastos de capim-braquiária não adubados, em torno de 65 g kg<sup>-1</sup>, e também nos pastos adubados, 73 g kg<sup>-1</sup>. O teor de PB do tratamento controle desse estudo corrobora com o obtido por Delevatti et al. (2019), de 113,6 g kg<sup>-1</sup>. Essas diferenças podem não estar relacionadas apenas ao solo ou clima, uma vez que o estudo realizado por Primavesi et al. (2004) foi conduzido em São Carlos-SP em condições semelhantes, mas também ao manejo do pasto. O manejo do pasto na altura equivalente à 95% de IL e eficiência de pastejo de 50% tem resultado em elevados teores de PB em pastagens de capim-marandu (CASAGRANDE et al., 2011; BARBERO et al., 2015; RUGGIERI et al., em elaboração).



Os valores de PB avaliados no consórcio, entretanto, sugerem que o suprimento de N fornecido pela fixação biológica da leguminosa não foi suficiente para elevar a emissão de folhas novas em comparação ao efeito da adubação nitrogenada, contribuindo para que os teores de PB dessa pastagem fossem baixos, inferiores aos verificados por Lascano & Thomas (1988), de 9,6% de PB em consórcio de diferentes espécies de *Brachiaria* com *Arachis pintoii*; e mais recentemente por Barbero et al. (2010), de 16,38%, e por Lenzi et al. (2009), de 19,6% de PB em consórcio de *coastcross* com *Arachis pintoii*.

Segundo Van Soest (1994), o valor crítico de PB nas plantas forrageiras para o animal consiste em níveis abaixo de 7% na MS, condição esta em que não há fornecimento adequado de níveis de N para manutenção e sobrevivência da população microbiana do rúmen, comprometendo o consumo e a digestibilidade da MS. Neste trabalho, portanto, pode-se verificar que os teores de PB estão acima do valor crítico, não havendo interferência desta variável na digestibilidade da matéria seca (DMS) e no consumo de forragem pelos animais. Além disso, os valores de PB obtidos no capim-marandu estão dentro da faixa estimada para as forragens tropicais, entre 5,2 e 12,8%, de acordo com meta-análise desenvolvida por Detmann et al. (2014), porém abaixo da média (15% PB) observada em um sítio experimental próximo da área de estudo, nos últimos 16 anos (OLIVEIRA et al., 2016; BARBERO et al., 2015; BARBERO et al., 2017).

A fertilização das pastagens com N afetou o conteúdo de FDN e de hemicelulose na forragem, que tiveram as médias significativamente inferiores ( $p < 0,05$ ) neste tratamento (588,7 e 299,6 g kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente) em comparação ao controle (618,0 e 311,0 g kg<sup>-1</sup> MS), sendo ambos estatisticamente semelhantes ao consorciado (601,4 e 304,7 g kg<sup>-1</sup> MS) (Tabela 11). Os resultados corroboram com os trabalhos de Johnson et al. (2001); Marcelino et al. (2002) Cecato et al. (2004); Primavesi et al. (2004); Benett et al. (2008) e Dupas et al. (2010), que relataram redução linear da FDN com o aumento da dose de N aplicado. Quanto ao consorciado, a média de FDN encontrada nesse tratamento é superior à 50%, verificada por Carulla et al. (1991) em consórcio de *B. dictyoneura* com *Arachis pintoii*. Porém, é inferior à 60% que, segundo Poppi & Vega (1997), limita o consumo de forragem por animais em pastejo.

Corsi (1984) explica que a adubação nitrogenada pode reduzir os teores de FDN das plantas por estimular o crescimento de novos tecidos, cuja MS contém menor conteúdo de carboidratos estruturais, como a lignina, celulose e hemicelulose. Em adição, Van Soest (1994) aponta que qualquer incremento de compostos nitrogenados e proteínas promovido, por sua vez, pelo fornecimento de N às plantas via fertilização, requer redução compensatória em compostos não-nitrogenados da parede celular, especialmente de carboidratos solúveis, visto que as proteínas são sintetizadas a partir desses componentes. Isso pode explicar o decréscimo dos teores de FDN observado no tratamento que recebeu adubação nitrogenada.

A maior média de FDN do tratamento controle pode ter sido ocasionada em função do aumento do teor de PB nos tratamentos que receberam aporte de N via fertilizante sintético ou FBN.

Além disso, Barbero et al. (2010) afirmam que o teor de FDN é o fator mais limitante e mais consistentemente associado ao consumo de forragem, estabelecendo que valores de FDN superiores a 55-60% na matéria seca afetam negativamente a capacidade de consumo voluntário pelos animais. Neste estudo, portanto, apenas o tratamento controle poderia influenciar o consumo, visto apresentar 61,8% de FDN na MS.

A adubação nitrogenada promoveu aumento nos teores de PB, com diminuição nos teores de FDN, porém não houve influência ( $p > 0,05$ ) nem da adubação e nem da introdução da leguminosa nos teores de FDA e lignina, cujas médias foram 295,7 e 25,0; 301,7 e 26,4; e 306,5 e 26,6 g kg<sup>-1</sup> MS nos tratamentos adubado, consorciado e controle, respectivamente (Tabela 11).

Os resultados condizem com outros estudos, cujos autores alegaram que a aplicação de N promove mínimos efeitos nas concentrações de FDA de plantas forrageiras (CUOMO & ANDERSON, 1996; ROGERS et al., 1996) e ainda com a afirmação de Van Soest (1975), de que o uso de fertilizantes nitrogenados nem sempre provoca alterações nas frações fibrosas das plantas. No entanto, os resultados diferem do trabalho de Johnson et al. (2001), que verificaram aumento do teor de FDA com o aumento da fertilização nitrogenada em gramíneas forrageiras. Por outro lado, os resultados diferem dos trabalhos de Cecato et al. (2004), Gargantini et

al. (2005) e Dupas (2006), que observaram decréscimos deste componente com os níveis crescentes de N aplicados em capins dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria*.

Os teores de FDA se encontram dentro dos limites críticos apontados por Nussio et al. (1998), que consideram que forragens com valores de FDA acima de 40% afetam negativamente a DMS e o consumo voluntário por animais, sendo a FDA, por ser constituída por lignina e celulose, o componente de maior influência na digestibilidade (KAYONGO-MOLE et al., 1974).

Em relação à lignina, os teores estão abaixo dos encontrados por Delevatti et al. (2018), de 39,5 g kg<sup>-1</sup> MS no capim-marandu sem adubação, e de 35,6 e 38,5 g kg<sup>-1</sup> MS no capim-marandu adubado com 90 e 180 kg N ha<sup>-1</sup> ano, respectivamente, e também não corroboram com Archimède et al. (2018), que afirmam que as gramíneas tropicais apresentam maior teor e grau de lignificação do que as forrageiras temperadas, o que não foi verificado neste estudo.

O conteúdo de celulose, por sua vez, foi superior ( $p < 0,05$ ) no tratamento que não recebeu adubação nitrogenada (285,2 g kg<sup>-1</sup> MS) em comparação ao consorciado (268,1 g kg<sup>-1</sup> MS) e ao adubado (259,1 g kg<sup>-1</sup> MS) (Tabela 11). Nesse sentido, o maior teor de celulose encontrado no controle provavelmente está relacionado à maior participação da fração FDN e FDA, muito embora para este último apenas numericamente, visto que a celulose é um importante componente dessas duas frações.

Ao contrário do que se esperava, mesmo com a diminuição dos teores de FDN da forragem devido à adubação nitrogenada e à introdução de uma leguminosa no sistema, não houve aumento na DMS ( $p > 0,05$ ), sendo as médias equivalentes a 620,2; 567,0 e 603,6 g kg<sup>-1</sup> MS nos tratamentos adubado, consorciado e controle, respectivamente (Tabela 11). A digestibilidade da matéria orgânica (DMO) também apresentou comportamento semelhante nos três tratamentos, com médias de 687,7; 641,4 e 676,8 no adubado, consorciado e controle, respectivamente.

Resultado de DMS similar foi obtido por Cecato et al. (2004) e coincide com o apontamento de Noler & Rhykerd (1974) e Van Soest (1975), de que a adubação nitrogenada pode influenciar a DMS, melhorando a qualidade da MS produzida, como também pode às vezes não interferir sobre esta variável. No entanto, difere de Euclides (2000), que alega que as variações no conteúdo da parede celular resultam

em variações semelhantes na digestibilidade, o que não ocorreu neste estudo. Além disso, os valores de DMS obtidos no consórcio estão abaixo dos encontrados por Carulla et al. (1991) e por Lenzi et al. (2009), que encontraram percentuais variando entre 60 e 71% em pastos consorciados de *B. dictyoneura* e coastcross, respectivamente, com *Arachis pintoi*, sugerindo que, nesta faixa, a leguminosa apresenta bom valor nutricional e pode ser pastejada em qualquer época do ano.

Do ponto de vista nutricional, a DMS exerce importante influência no consumo de forragem pelo animal sendo que, quanto menor, maior a quantidade de MS que poderá ser ingerida, principalmente se os teores de PB estiverem acima de 7% (VAN SOEST, 1994). Sendo assim, os valores aqui obtidos podem ser considerados dentro da faixa esperada.

A quantidade de lipídeos, representada pelo teor de EE, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ), sendo as médias encontradas nos tratamentos adubado e controle, de 19,4, e no consorciado, 17,4 g kg<sup>-1</sup> MS (Tabela 12). Estes valores estão acima do verificado por Santos et al. (2008) em capim-marandu não irrigado, de 15 g kg<sup>-1</sup> MS, que ainda apontam que a fração lipídica das plantas forrageiras é afetada por fatores como genética, idade e ritmo de crescimento das plantas. No entanto, os resultados desse estudo revelaram que o EE não sofre influência do suprimento de N pela adubação nitrogenada ou pela FBN de leguminosas.

O teor de MO foi significativamente superior ( $p < 0,05$ ) no tratamento adubado (897,2g kg<sup>-1</sup> MS) em relação ao consorciado (882,7 g kg<sup>-1</sup> MS), sendo que ambos não diferiram do controle (893,0 g kg<sup>-1</sup> MS) (Tabela 11). Uma vez que é determinado pela equação  $100 - \%MO$ , o teor de cinzas seguiu a ordem inversa da obtida para a MO por influência da adubação nitrogenada, sendo significativamente inferior ( $p < 0,05$ ) neste tratamento (101,6 g kg<sup>-1</sup> MS) em relação ao consorciado (117,3 g kg<sup>-1</sup> MS) e, ambos semelhantes ao controle (107,0 g kg<sup>-1</sup> MS) (Tabela 11).

Segundo Figueiredo et al. (2007), as cinzas são resíduos inorgânicos que permanecem após o processo de incineração da MO do alimento, representando a quantidade total de minerais presentes. Bueno (2003) acrescenta que maiores valores de cinzas e, conseqüentemente menores de MO, são mais encontrados na camada basal das plantas forrageiras, visto que é mais suscetível à contaminação do solo, fato

que pode explicar o maior teor de cinzas encontrado no tratamento consorciado, que teve seu crescimento vertical inferior aos demais devido à competição entre gramíneas e leguminosas.

Os teores de MO e cinzas obtidos no consorciado, contudo, foram similares aos encontrados por Schalemborg Diehl et al. (2014), de 882,7 e 117,4 g kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente, em pastos de capim-elefante consorciados com amendoim forrageiro. Já o teor de MO obtido no controle e no adubado, no entanto, estão abaixo dos encontrados por Delevatti et al. (2019), de 916,1 g kg<sup>-1</sup> MS no capim-marandu sem adubação; e de 918,4 e 919,0 g kg<sup>-1</sup> MS no capim-marandu adubado com 90 e 180 kg N ha<sup>-1</sup> ano, respectivamente.

A aplicação de N na pastagem aumentou significativamente o teor energético das forragens ( $p < 0,05$ ), cujas médias foram 188,8 MJ kg<sup>-1</sup> MS neste tratamento (adubado), 180,1 e 179,8 MJ kg<sup>-1</sup> MS no consorciado e controle, respectivamente (Tabela 11).

Sabe-se que a energia é o componente mais significativo dos requerimentos nutricionais de bovinos e o que mais limita o desempenho animal (PAULINO et al., 2002). Segundo Pereira et al. (2010), dentre os muitos componentes químicos relacionados à concentração de energia disponível de um alimento, o EE e a PB, por sua vez devido aos carboidratos não fibrosos, têm sido positivamente correlacionados ao teor energético, enquanto que as frações fibrosas têm apresentado correlações negativas com a disponibilidade de energia dos alimentos. Neste sentido, o maior valor energético encontrado no tratamento adubado está provavelmente relacionado ao maior teor de PB, haja visto que apresentou maior teor de compostos não fibrosos, como os nitrogenados, provenientes do efeito da adubação nitrogenada nas plantas.

O teor de CT, determinado pela equação  $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ , proposta por Sniffen et al. (1992), foi significativamente menor ( $p < 0,05$ ) no tratamento que recebeu 150 kg N ha<sup>-1</sup> ano (756,8 g kg<sup>-1</sup> MS) em relação ao tratamento com leguminosa e ao controle, cujas médias foram 794,3 e 791,9 g kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente (Tabela 11). Isso pode ser explicado e paralelamente analisado com os resultados de PB, na medida em que a maior síntese de proteína a partir dos carboidratos proporcionada pela adubação nitrogenada induziu à redução dos CT,

principalmente os carboidratos fibrosos, representados pela pectina, celulose e hemicelulose (BRENNECKE, 2002).

Segundo Teixeira & Andrade (2001), os CNF se referem aos carboidratos não incluídos na parede celular e não recuperados na fração de FDN, sendo representados pelas frações degradadas mais rapidamente, como os açúcares, amido e a pectina, e determinados pela equação  $CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%FDN_{cp} + \%MM)$ , proposta por Sniffen et al. (1992), na qual  $FDN_{cp}$  corresponde ao FDN corrigido para cinzas e proteína. O NDT, por sua vez, consiste no teor energético do alimento, determinado pela equação  $NDT = PBad + CNFad + FDNd + 2,25 \times EEad$ , onde “ad” corresponde às frações aparentemente digestíveis e “d” à digestível (DETMANN et al., 2010).

Nesse sentido, os valores obtidos para CNF e NDT revelaram que não houve influência da adubação nitrogenada e/ou da leguminosa nesses componentes. As médias de CNF e NDT foram 169,6 e 574,5; 177,7 e 517,6; e 155,6 e 552,3 g kg<sup>-1</sup> MS nos tratamentos adubado, consorciado e controle, respectivamente (Tabela 11).

Os resultados de NDT diferem de Benett et al. (2008), que verificaram aumento considerável do teor de NDT com o aumento das doses de N, com média de 567,2 g kg<sup>-1</sup> MS. Contudo, as médias apresentadas nas condições desse trabalho coincidem com a estipulada por Van Soest (1994), ao considerar aproximadamente 55% de NDT para as plantas forrageiras, podendo ser alterada de acordo com as condições climáticas, solo e a idade de corte das mesmas.

### **3.3. Emissão de metano entérico dos animais**

Os resultados referentes ao peso corporal e metabólico, emissão de CH<sub>4</sub> por dia, por kg de peso metabólico e por kg de MS ingerida, bem como a taxa de conversão de CH<sub>4</sub> estão apresentados na Tabela 12.

O consumo de matéria seca (CMS) pelos animais foi estimado com base nos dados de excreção fecal (EF) e de FDN indigestível (FDNi) das fezes e do pasto, através da equação  $CMS = EF \times (FDNi_{fezes}/FDNi_{pasto})$ . A análise dos dados apresentados na tabela 12 evidencia que o CMS pelos animais não foi influenciado pelos tratamentos ( $p > 0,05$ ), apresentando médias de 8,97; 9,35 e 8,46 kg MS animal<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> dia no adubado, consorciado e controle, respectivamente, o que equivaleria a 2,7; 2,9 e 2,6% do peso corporal (PC) nas condições experimentais (Tabela 12). Os dados sugerem que, mesmo com a maior oferta de folhas proporcionada pela adubação nitrogenada, a ingestão de MS pelas novilhas foi semelhante nas três condições, evidenciando que o ajuste da taxa de lotação foi manejado corretamente, sem limitar o consumo dos animais.

**Tabela 12.** Emissão de metano (CH<sub>4</sub>) por novilhas leiteiras recriadas em pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha<sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de dois anos de avaliação (n = 28).

Item	Tratamentos			EPM	p-valor
	Adubado	Conсорciado	Controle		
Peso corporal (kg)	331,77	329,46	316,04	3,92	0,2133
Peso metabólico (kg <sup>0,75</sup> )	77,65	77,24	74,88	0,69	0,2180
CMS (kg MS animal <sup>-1</sup> dia)	8,97	9,35	8,46	0,35	0,1101
Emissão de CH <sub>4</sub> (g animal <sup>-1</sup> dia)	139,68	131,61	114,88	6,90	0,3989
Emissão de CH <sub>4</sub> (g kg <sup>-1</sup> MS)	16,22	15,79	16,42	0,97	0,6092
Emissão de CH <sub>4</sub> (g kg <sup>-1</sup> PM)	1,83	1,57	1,83	0,08	0,4018
Taxa de conversão de CH <sub>4</sub> (Y <sub>m</sub> ; %)	4,94	4,81	4,99	0,29	0,6082

Consumo de matéria seca (CMS), peso metabólico (PM), matéria seca (MS)

Resultados inferiores foram registrados por Sarmento (2003), que variaram de 1,3 a 2,0 do PC em pastos de capim-marandu manejados com alturas de 10, 20, 30 e 40 cm. Euclides (2000) argumenta que o baixo consumo de MS pode ser explicado pela menor proporção de folhas em relação ao colmo e material morto, uma vez que mesmo quando a oferta de folhas é alta, os outros componentes podem limitar a facilidade de seleção, apreensão e consumo de forragem pelos animais. No presente estudo, portanto, nota-se que não houve este tipo de restrição aos animais.

O CMS pelas novilhas que tiveram acesso à leguminosa nos pastos consorciados também difere de Andrade (2013), que registrou maior consumo pelos animais mantidos em pastos de capim-elefante anão com amendoim forrageiro em relação ao capim-elefante em monocultivo, com médias 7,8 e 6,7 kg animal<sup>-1</sup> dia, respectivamente. Segundo Norton & Poppi (1995), citado por Andrade (2013), esse maior consumo de MS foi atribuído ao menor teor de carboidratos fibrosos dos pastos contendo leguminosa, os quais afetam a taxa de esvaziamento do rúmen.

A adubação nitrogenada e a inclusão do amendoim forrageiro na pastagem não afetaram a emissão diária de CH<sub>4</sub> entérico por novilhas mestiças ( $p > 0,05$ ), cujas médias obtidas foram 139,68; 131,61; 114,88 g animal<sup>-1</sup> dia nos tratamentos adubado, consorciado e controle, respectivamente (Tabela 12).

Valores superiores a esses foram registrados por Primavesi et al. (2004), de 181,0 g CH<sub>4</sub> animal<sup>-1</sup> dia por novilhas mestiças leiteiras mantidas em pastos de capim-marandu sem adubação nitrogenada e de 227,0 g CH<sub>4</sub> animal<sup>-1</sup> dia em pastos de capim-tobiatã adubados. Os autores justificam que forrageiras de baixa qualidade, nesse caso que não receberam adubação nitrogenada, têm a taxa de ingestão de MS reduzida e, conseqüentemente, reduzem a taxa de emissão de CH<sub>4</sub>. Os resultados também diferem de Pedreira et al. (2009), que verificaram maior produção de CH<sub>4</sub> entérico por novilhas mantidas em pastagens de *B. decumbens* e capim-tanzânia adubadas, de 222,6 g CH<sub>4</sub> animal<sup>-1</sup> dia, em comparação às não adubadas, de 179,2 g CH<sub>4</sub> animal<sup>-1</sup> dia por animais da mesma categoria, justificando a maior emissão diária nos pastos adubados pelo maior consumo de matéria orgânica digestível, ainda que a emissão por unidade de produto tenha sido menor do que em pastos não adubados.

Os resultados observados diferem ainda de Archimède et al. (2011), Kennedy & Charmley (2012), Rira et al. (2016) e Archimède et al. (2018), que encontraram menor emissão de CH<sub>4</sub> por kg de MS ingerida em pastos de gramíneas e/ou leguminosas temperadas (C<sub>3</sub>) do que em pastos de gramíneas tropicais (C<sub>4</sub>). Em experimentos conduzidos no Canadá, McCaughey et al. (1999) concluíram que o melhoramento da qualidade das pastagens por meio da introdução de leguminosas reduz a emissão de CH<sub>4</sub> por bovinos em 10% e os autores atribuem esse resultado à redução do teor de fibra e ao aumento de energia digestível e PB na dieta.

Kennedy & Charmley (2012) afirmaram que a maior diferença entre as plantas C<sub>4</sub> e C<sub>3</sub> consiste no maior conteúdo e grau de lignificação das primeiras em relação às outras. Além disso, Beauchemin et al. (2008) apontam que as gramíneas tropicais induzem à maior concentração de acetato em detrimento de propionato, e o aumento dessa relação acetato:propionato, portanto, é correlacionado ao teor de fibra e resulta na maior produção de CH<sub>4</sub>. Nestes aspectos, Archimède et al. (2011) verificaram que gramíneas C<sub>4</sub> produzem 17% mais CH<sub>4</sub> que gramíneas C<sub>3</sub>, e que as leguminosas de clima quente produzem 20% menos que gramíneas C<sub>4</sub>.



Além do menor teor de fibra das leguminosas, há ainda outros fatores inerentes a essas forrageiras capazes de reduzir a metanogênese, como a maior velocidade de passagem e, em alguns casos, a presença de taninos condensados (BEAUCHEMIN et al., 2008). Nesse contexto, muitos trabalhos têm sido conduzidos nos últimos tempos diante do suposto potencial mitigador do tanino na emissão de CH<sub>4</sub> entérico, devido ao seu efeito positivo na fermentação ruminal, nos quais vale destacar o de Waghorn et al. (2002), que demonstraram que o tanino presente na leguminosa *Lotus pedunculatus* é responsável pela redução de até 16% quando utilizada por ovinos, e o de Carulla et al. (2005), que observaram que o tanino contido em *Lolium perenne*, trevo vermelho e alfafa reduziu em média 13% a emissão CH<sub>4</sub>, além de reduzir a concentração de nitrato e a excreção de N na urina.

No tratamento consorciado deste estudo, o pastejo simulado apresentou 14,21% ( $\pm$  3.62) de amendoim forrageiro na matéria seca. De acordo com Beauchemin et al. (2008), a ingestão mínima de 0,8% de tanino condensado na MS é necessária para que ocorra redução na emissão de CH<sub>4</sub> entérico. Baseado no estudo de Paulino et al. (2012) que encontraram aproximadamente 1,7% de tanino condensado na MS de amendoim forrageiro, o suplemento do metabólito para as novilhas deste estudo foi de aproximadamente 0,25% na MS ingerida, portanto insuficiente para causar redução na produção de CH<sub>4</sub>.

Em contrapartida desse estudo e dos outros trabalhos supracitados, Andrade (2013) registrou maior produção diária de CH<sub>4</sub> por bovinos mantidos em pastos consorciados com amendoim forrageiro, justificando este resultado com o maior consumo diário de MS em pastos de melhor qualidade, que resultou no aumento da produção diária de CH<sub>4</sub>. No entanto, os mesmos autores não observaram diferenças na produção do gás quando expressa em relação à unidade de forragem consumida, entre pastos consorciados ou não com leguminosa, alegando que a introdução dessa forrageira não foi suficiente para mitigar a emissão de GEE, assim como foi verificado no presente trabalho.

Os dados sugerem, portanto, que tanto a introdução do amendoim forrageiro como a adubação nitrogenada nas pastagens, que inclusive aumentou o valor nutritivo da forragem, não mitigou as emissões de CH<sub>4</sub> entérico. Apesar disso, os valores encontrados estão dentro do limite crítico sugerido por Crutzen et al. (1986), de 54 kg

CH<sub>4</sub> animal<sup>-1</sup> ano para bovinos em sistema de pastagens no Brasil, o equivalente à aproximadamente 148 g CH<sub>4</sub> animal<sup>-1</sup>dia, e também estão abaixo da média de referência do IPCC (2006) para vacas leiteiras em pastos na América Latina, de 63 kg CH<sub>4</sub> animal<sup>-1</sup> dia, ou 173 CH<sub>4</sub> g CH<sub>4</sub> animal<sup>-1</sup> dia.

As emissões de CH<sub>4</sub> entérico estimadas por unidade MS consumida também não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ( $p>0,05$ ), haja visto que não houve diferença no CMS pelas novilhas nas diferentes condições. As médias das emissões de CH<sub>4</sub> obtidas nos tratamentos adubado, consorciado e controle foram, respectivamente, 16,22; 15,79; 16,42 g CH<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup> MS (Tabela 12).

De acordo com Moss (2001), o maior CMS aumenta as emissões de CH<sub>4</sub> por animal, mas ao mesmo tempo melhora a eficiência de produção, resultando em menor emissão por unidade de produto (carne ou leite) ou ciclo produtivo. No entanto, a ausência de diferença no CMS e, conseqüentemente, na emissão de CH<sub>4</sub> por unidade de MS consumida, não evidenciou o que foi verificado pelo autor.

Os resultados desse estudo também diferem de Archimède et al. (2018), que registraram menores emissões por ovinos mantidos em pastos com gramíneas temperadas do que com tropicais, alegando que estas últimas induziram maior relação acetato:propionato, aumentando a produção do gás entérico por unidade de forragem consumida. Além disso, os autores reportaram que o CMS consiste em uma das variáveis mais explicativas da quantidade de CH<sub>4</sub> produzida, assim como relatado por Hristov et al. (2013) e Jonker et al. (2015), e que mudanças no CMS entre forragens de baixa (C<sub>4</sub>) e alta (C<sub>3</sub>) qualidade resultam em mudanças na emissão de CH<sub>4</sub> por kg de MS ingerida, por estarem positivamente correlacionadas ao nível de consumo e à taxa de esvaziamento ruminal.

Andrade (2013), por outro lado, também não verificou diferença nas emissões de CH<sub>4</sub> em relação ao CMS entre os animais que tiveram ou não acesso à leguminosa, alegando que esta não foi suficiente para mitigar a emissão de GEE, assim como outros autores, como Hammond et al. (2011), Kennedy & Charmelay (2012), Moreira et al. (2013), em diferentes combinações de gramíneas e leguminosas.

Uma vez que não foi encontrada diferença significativa no peso corporal e peso metabólico dos animais, a emissão de CH<sub>4</sub> entérico expressa em g kg<sup>-1</sup> PM também

não diferiu entre os tratamentos, apresentando médias de 1,83 nos tratamentos adubado e controle, e 1,57 no consorciado (Tabela 12).

A perda de energia digestível ingerida na forma de CH<sub>4</sub>, ou seja, a taxa de conversão de CH<sub>4</sub> (Y<sub>m</sub>; %) foi calculada pela equação de Blaxter e Clapperton (1965), corrigida por Wilkerson et al. (1995), considerando 0,05565 MJ/kg de CH<sub>4</sub> e a energia obtida nas amostras de pastejo simulado (Tabela 11). No entanto, embora o tratamento que recebeu adubação nitrogenada tenha apresentado maior teor energético da forragem, não foi verificada diferença significativa nos valores de Y<sub>m</sub>, cujas médias foram 4,94; 4,81 e 4,99% nos tratamentos adubado, consorciado e controle, respectivamente (Tabela 12).

Os resultados de Y<sub>m</sub> estão abaixo da faixa proposta por USEPA (2000), entre 5,5 e 6,5% na América do Norte e Leste Europeu e ainda abaixo da faixa prevista por IPCC (2006), entre 6,5 e 7,5% para bovinos em condições tropicais. Os valores também são inferiores aos de Kurihara et al. (1999), que registraram perdas de 10,4 e 11,4% em bovinos alimentados com gramíneas tropicais e temperadas, respectivamente e de Primavesi et al. (2004), que observaram perdas de 9,6 e 7,8% por novilhas mestiças mantidas em pastos de capim tropical adubados e não adubados, respectivamente.

Embora não tenha sido verificado no presente estudo, Blaxter & Chapperton (1965) alegam que a melhoria na qualidade da dieta proporcionada pela introdução de leguminosas nas pastagens tende a aumentar o consumo voluntário do animal, de modo a promover digestão pós-ruminal mais eficiente, reduzindo, assim, a perda energética da dieta convertida em CH<sub>4</sub>.

### **3.4. Derivados de purina**

Na Tabela 13 são apresentadas as médias obtidas das concentrações de alantoína, ácido úrico, derivados de purina, relação alantoína: derivados de purina, purinas absorvidas, volume urinário e concentração de N na urina.

Segundo Yu et al. (2002), as excreções de alantoína, ácido úrico, xantina e hipoxantina, sendo as duas últimas consideradas irrisórias em bovinos (CHEN & GOMES, 1992), podem ser afetadas por fatores como teor de PB e energia da dieta, CMS, peso corporal, presença de aditivos alimentares e espécie.

Neste estudo, no entanto, não houve efeito de tratamento sobre a excreção de alantoína (ALA) por novilhas leiteiras mestiças ( $p>0,05$ ), sendo as médias 82,59; 76,64 e 76,64 mmol dia<sup>-1</sup> obtidas no adubado, consorciado e controle, respectivamente (Tabela 13). Os resultados também diferem daqueles descritos na literatura que indicam que o nível de alantoína em vacas não é constante e depende do estágio fisiológico e qualidade da dieta (JOHNSON et al., 1998; SILVA et al., 2001) o que, nesse estudo, mesmo com alterações nos níveis de PB e de FDN promovidas pela adubação nitrogenada e pela introdução de leguminosas no sistema, não houve interferência nas concentrações de ALA excretadas.

**Tabela 13.** Derivados de purina de novilhas leiteiras recriadas em pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha<sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de dois anos de avaliação (n = 28).

Item	Tratamentos			EPM	p-valor
	Adubado	Consorciado	Controle		
ALA (mmol dia <sup>-1</sup> )	82,59	76,64	76,64	10,47	0,8302
AU (mmol dia <sup>-1</sup> )	14,05 a	9,54 ab	7,76 b	1,27	0,0204
DP (mmol dia <sup>-1</sup> )	96,64	86,18	84,40	10,83	0,3711
ALA:DP	0,85 c	0,89 b	0,91 a	0,08	<0,0010
Pabs (mmol dia <sup>-1</sup> )	66,99	74,93	79,68	10,66	0,6007
Volume urinário (L dia <sup>-1</sup> )	16,10	13,80	13,08	1,61	0,2409
N urinário (g L <sup>-1</sup> )	2,38	2,21	2,46	0,12	0,7096

Erro padrão da média (EPM), alantoína (ALA), ácido úrico (AU), derivados de purina (DP), razão entre alantoína e derivados de purina (ALA:DP), purinas absorvidas (Pabs).

Por outro lado, verifica-se que a adubação nitrogenada promoveu aumento na excreção de ácido úrico pelos animais deste tratamento, ao contrário do que foi registrado por Rennó et al. (2008), que detectaram comportamento linear decrescente do ácido úrico em função da adição de ureia na dieta de novilhos mestiços. As médias apresentadas para essa variável neste estudo foram 14,05; 7,76 e 9,54 mmol dia<sup>-1</sup> nos tratamentos adubado, controle e consórcio, respectivamente ( $p<0,05$ ) (Tabela 13). Esses resultados podem estar relacionados às diferenças da fração de nitrogênio não proteico (NNP) no capim-marandu em função das estratégias de manejo de N estudadas.

O parâmetro DP foi determinado mediante soma das concentrações de alantoína e de ácido úrico excretadas na urina e não apresentou efeito de tratamento nesse estudo ( $p>0,05$ ). As médias obtidas foram 96,64; 86,18 e 84,40 mmol dia<sup>-1</sup> no adubado, consorciado e controle, respectivamente (Tabela 13). Nesse sentido, os resultados concordam com Verbic et al. (1990) e de Vagnoni et al. (1997), que apontam que a excreção de ALA reflete a excreção total de DP, uma vez que a proporção ALA e de AU no total de DP é de aproximadamente 85 e 15%, respectivamente, o que justifica a ausência de diferença entre os tratamentos.

Em contrapartida, a relação entre alantoína e derivados de purina (ALA:DP) foi influenciada pelos tratamentos, sendo significativamente maior no controle (0,91) em relação ao consorciado (0,89), que por sua vez foi maior do que o adubado (0,85) ( $p<0,05$ ) (Tabela 13). As médias encontradas estão próximas às obtidas por Verbic et al. (1990), de 85%, por Vagnoni et al. (1997), de 86,6%, e por Rennó (2003), de 91,70%, excretadas por novilhos mestiços, vacas mestiças Holstein-Friesian, e novilhas mestiças de diferentes grupos genéticos, respectivamente. A maior média verificada no controle, portanto, reflete a maior proporção de ALA no total de DP excretado pelas novilhas desse tratamento, que foi numericamente menor quando comparado aos demais.

Segundo Chen & Gomes (1992), os DP se originam de duas fontes: as purinas absorvidas ( $P_{abs}$ ) no intestino delgado, e as endógenas, que são liberadas do metabolismo dos ácidos nucléicos. As  $P_{abs}$ , então, são calculadas a partir da excreção de DP, por intermédio da equação  $DP = 0,84 \times P_{abs} + 0,236 \times PV^{0,75}$ , em que 0,84 corresponde à recuperação de  $P_{abs}$  como DP e  $0,236 \times PC^{0,75}$ , à excreção de DP de origem endógena (ORELLANA BOERO et al., 2001). Nesse sentido, como as  $P_{abs}$  são catabolizadas e recuperadas proporcionalmente na urina como DP, também não foi verificado efeito de tratamento na excreção desta variável, cujas médias foram 66,99; 74,93 e 79,68 mmol dia<sup>-1</sup> no adubado, consorciado e controle, respectivamente ( $p>0,05$ ) (Tabela 13).

O volume urinário, por sua vez estimado com base na concentração de creatinina na urina, também não foi afetado pela adubação nitrogenada e pela introdução da leguminosa no sistema ( $p>0,05$ ), apresentando médias de 16,10; 13,80 e 13,08 L dia<sup>-1</sup> no adubado, consorciado e controle, respectivamente (Tabela 13),

valores similares ao encontrado por Cardoso et al. (2018), de 12,4 L dia<sup>-1</sup> no mesmo sítio experimental. Isso pode ser explicado pelo fato de a excreção de creatinina e, conseqüentemente o volume urinário, ser relativamente constante em função do peso corporal e por ser pouco afetado por fatores inerentes à dieta (RENNÓ, 1999; BARBOSA et al., 2006). No entanto, esse comportamento não condiz com Moscardini et al. (1998) e Oliveira et al. (2001), ao alegarem que o volume urinário é correlacionado positivamente ao teor de PB da dieta, o que, neste estudo, mesmo com o maior teor de PB no tratamento adubado, não afetou o volume urinário pelas novilhas, que foi apenas ligeiramente superior aos demais.

### 3.5. Eficiência do uso de nitrogênio

A Tabela 14 apresenta os dados dos parâmetros do balanço de N por novilhas mestiças leiteiras, incluindo o N ingerido, excretado nas fezes e na urina, a concentração de ureia na urina, a síntese de compostos nitrogenados e de proteína microbiana, a eficiência do uso de N por novilhas mestiças e a eficiência de síntese de proteína microbiana.

Novilhas mantidas nos pastos de capim-marandu adubados, consorciados com amendoim forrageiro ou sem adubação apresentaram a mesma ingestão diária de N pela forragem ( $p > 0,05$ ), apresentando médias de 119,06; 131,53 e 120,44 g dia<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 14).

**Tabela 14.** Eficiência de uso de nitrogênio por novilhas leiteiras recriadas em pastos de capim-marandu fertilizados com ureia (150 kg N ha<sup>-1</sup> ano), consorciados com amendoim forrageiro e sem adubação nitrogenada (controle). Média de dois anos de avaliação. (n = 28).

Item	Tratamentos			EPM	p-valor
	Adubado	Consoiciado	Controle		
	<b>Balanço de nitrogênio</b>				
N ingerido (g dia <sup>-1</sup> )	119,06	131,53	120,44	6,04	0,5498
Nexc-fezes (g dia <sup>-1</sup> )	52,48	58,66	51,47	2,07	0,3037
Nexc-urina (g dia <sup>-1</sup> )	39,70	39,82	32,68	3,55	0,5612
EUN (%)	56,18	53,89	55,25	1,94	0,8945
UUN (mg dL <sup>-1</sup> )	392,40	324,00	290,38	37,15	0,3312
Nmic (g dia <sup>-1</sup> )	62,82	48,78	62,82	8,64	0,2786
Suplemento de Pmic (g dia <sup>-1</sup> )	392,63	304,90	292,17	54,76	0,1758
ESPmic (g PBmic kg <sup>-1</sup> NDT)	109,14	103,79	99,34	10,62	0,9397

Erro padrão da média (EPM), eficiência de uso de N (EUN), proteína microbiana (Pmic), nitrogênio ureia na urina (UUN), síntese de compostos nitrogenados (Nmic; g N dia<sup>-1</sup>), ESPmic: eficiência de síntese de proteína microbiana (g PBmic kg<sup>-1</sup> NDT).

Uma vez que não foram verificadas diferenças significativas no CMS nas diferentes condições, o teor de N ingerido pelas novilhas também foi similar nos tratamentos. Diferentemente do esperado, mesmo com o CMS similar, a ingestão de N poderia ser maior no tratamento adubado devido ao incremento de PB proporcionado pela adubação nitrogenada, evidenciando seu efeito em aumentar os compostos nitrogenados solúveis dos tecidos foliares da forragem. O mesmo poderia acontecer em pastos consorciados, em função do aporte de N promovido pela leguminosa ao aumentar os teores de N da forragem, muito embora não tenha diferido estatisticamente no teor de PB quanto aos demais tratamentos.

Os teores de N excretado nas fezes pelas novilhas não foram afetados pelos tratamentos ( $p > 0,05$ ), com médias de, respectivamente, 52,48; 58,66; 51,47 g dia<sup>-1</sup> no adubado, consorciado e controle (Tabela 14). Os resultados sugerem que a retenção de N foi semelhante nas distintas condições experimentais, concordando com Atkinson et al. (2010), que alegam que a retenção de N é, na sua maior parte, decorrente da excreção de N pela urina.

A partir dos valores de N total na urina (Tabela 13), calculou-se as concentrações de N excretado via urina (Tabela 14), através da multiplicação do primeiro pelo volume urinário de cada animal. Nesse estudo, as médias de N urinário foram de 2,38; 2,21 e 2,46 g L<sup>-1</sup> e, de N excretado na urina, 39,70; 39,82 e 32,68 g dia<sup>-1</sup>, nos tratamentos adubado, consorciado e controle, respectivamente. Para ambos os casos, pode-se notar que não houve influência da adubação nitrogenada e/ou da introdução de amendoim forrageiro sobre esses parâmetros urinários ( $p > 0,05$ ).

Em trabalho de Galles et al. (2011), ao estudarem a redução da PB na dieta de bovinos, os autores verificaram redução do N excretado, particularmente pela urina, sem afetar a retenção, e concluíram que a eliminação do conteúdo de N ingerido na dieta que excede as exigências de bovinos pode reduzir as perdas totais de N para a atmosfera.

A EUN pelos ruminantes indica o quanto de N disponível está sendo utilizado pelos micro-organismos, sendo calculada através da diferença entre N ingerido e N

excretado nas fezes (balanço de N), dividida pelo N ingerido (DETMANN et al., 2014). Uma vez que não foi verificada diferença significativa no N excretado e no N ingerido, a EUN foi semelhante nos três tratamentos, com médias de, respectivamente, 56,18; 53,89 e 55,25% no adubado, consorciado e controle (Tabela 15). Os resultados sugerem, portanto, que todos os tratamentos forneceram quantidades adequadas de N disponível para a produção de proteína microbiana (CHIZZOTTI et al., 2015), ou seja, houve um equilíbrio entre o N ingerido e excretado, resultando na ausência de diferença no balanço de N (DA SILVA et al., 2016).

Em trabalho realizado por Detmann et al. (2014), os autores verificaram que a EUN é positivamente associada ao conteúdo de matéria orgânica digestível da dieta e negativamente à produção de proteína microbiana. Os autores ainda alegam que a maior disponibilidade de N proporciona maior EUN em função de aumentar a quantidade total de N que pode ser utilizada para fins anabólicos e aumentar a eficiência da utilização de PM, sendo esta possível apenas quando já há disponibilidade de energia no metabolismo. Nesse estudo, no entanto, mesmo com a maior quantidade de compostos nitrogenados na forragem do tratamento adubado, não foi verificado efeito da disponibilidade de N na EUN.

A ureia consiste na principal forma de eliminação de compostos nitrogenados dos mamíferos, especialmente ruminantes, sendo a excreção feita através da urina e correlacionada às concentrações de N no plasma sanguíneo e à ingestão do N (VAN SOEST, 1994), ou seja, aos teores de ureia e/ou PB da dieta. Russel et al. (1992) acrescentam que quando a taxa de síntese de  $\text{NH}_3$  supera a sua utilização pelos micro-organismos, eleva-se a sua concentração no rúmen, visto que é absorvida rapidamente pela parede ruminal entrando no ciclo da ureia e, conseqüentemente, aumenta-se a excreção pela urina e o custo energético de produção da ureia, resultando, dessa forma, em perda de proteína.

Nesse contexto, diversos trabalhos descritos na literatura registraram o aumento da excreção de ureia em função dos teores de PB da dieta, sugerindo que a reabsorção desse componente não é constante, de modo a propiciar maior retenção da ureia sob baixas ingestões de PB na dieta, e maior excreção sob altas ingestões (TOPPS & ELLIOT, 1967; SUSMEL et al., 1994; VALADARES et al., 1997; RENNÓ et al., 2003). No entanto, os resultados diferem desses autores, uma vez que embora a



adubação nitrogenada tenha promovido incremento de PB, não houve influência do tratamento sobre a excreção de N-ureia via urina, cujas médias foram equivalentes a 392,40; 324,00 e 290,38 mg dL<sup>-1</sup> no adubado, consorciado e controle, respectivamente ( $p>0,05$ ) (Tabela 14). Os resultados sugerem, portanto, que não há diferenças entre as perdas de N e, conseqüentemente proteína, pelas novilhas mantidas em pastos de capim-marandu adubados, não adubados ou em consorciado com leguminosas.

Alguns trabalhos demonstraram existência de correlação entre a produção de compostos nitrogenados microbianos (Nmic) e a excreção urinária de DP (VAGNONI et al., 1997; RENNÓ, 2000), podendo ser estimada por meio da amostra *spot* de urina (LEÃO et al., 2004). Nesse sentido, uma vez que o cálculo de Nmic é feito a partir dos valores de Pabs e ainda que a síntese de proteína microbiana (Pmic) é determinada pela multiplicação de Nmic pelo fator 6,25, verifica-se comportamento semelhante para essas variáveis no presente estudo, haja visto que não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $p>0,05$ ). As médias de Pmic e Nmic obtidas foram 392,63 e 62,82; 304,90 e 48,78; e 292,17 e 62,82 g dia<sup>-1</sup>, respectivamente para adubado, consorciado e controle (Tabela 14).

De acordo com Clark et al. (1992), a disponibilidade ruminal de energia e de N são os fatores nutricionais que mais afetam o crescimento microbiano. Owens et al. (1986) e Rennó et al. (2008) acrescentam que a produção de Nmic aumenta com o aumento do consumo de MS, uma vez que há incremento da taxa de passagem de líquidos e sólidos em animais sob ingestões mais altas, reduzindo assim a proporção de energia utilizada pelas bactérias para manutenção. No entanto, não foram verificadas diferenças significativas no CMS entre os tratamentos deste estudo.

Além do CMS, há relatos de que os aminoácidos, especialmente peptídeos, estimulam a produção de micro-organismos que se desenvolvem em fontes de energia rapidamente degradáveis, ocorrendo o inverso quando os substratos energéticos são fermentados lentamente (NRC, 2001). Nesse sentido, a ausência de diferença significativa encontrada nesse estudo foi similar ao registro de Kropp et al. (1977), que relataram que a produção de Nmic foi relativamente constante independentemente do nível de adição de ureia na dieta de novilhos, o que, nesse trabalho, foi evidenciado quando houve incremento de PB nas forragens adubadas.

De acordo com NRC (1996), a determinação da contribuição da Pmic é importante, na medida em que essa contém alto valor biológico e atende entre 50 e 100% da exigência de proteína metabolizável dos bovinos. Nesse sentido, a eficiência de síntese microbiana representa a quantidade de proteína sintetizada pelos microorganismos a partir da utilização de determinada quantidade de energia da dieta. Para NRC (1996), a produção microbiana é considerada em função dos NDT do alimento.

Neste estudo, a eficiência de síntese de proteína microbiana (ESPmic) não foi afetada pela adubação nitrogenada e pela introdução de leguminosa nos pastos de gramíneas ( $p > 0,05$ ), apresentando médias de 109,14; 103,79 e 99,34 g PB kg<sup>-1</sup> NDT nos tratamentos adubado, consorciado e controle, respectivamente (Tabela 14). Esse comportamento pode ser justificado pela ausência de diferenças significativas tanto na Pmic (Tabela 14), quanto nos teores de NDT da forragem (Tabela 11) nas três condições experimentais.

Os valores de ESPmic se encontram abaixo do proposto pelo NRC (2001), de 130 g PB kg<sup>-1</sup> NDT, e ainda abaixo do recomendado por Valadares Filho et al. (2006), de 120 g PB kg<sup>-1</sup> NDT como referência para eficiência de síntese microbiana em condições tropicais. Resultados diferentes foram registrados por Mendonça (2002), que encontrou diferença na ESPmic em dietas a base de silagem de milho e de cana-de-açúcar como volumoso exclusivo, e por Nevel & Demeyer (1988), que verificaram aumento da ESPmic com a inclusão de lipídios na dieta, provavelmente devido ao decréscimo no número de protozoários, segundo os autores. Esses trabalhos evidenciaram, portanto, a influência da dieta e do valor nutritivo da dieta na eficiência de síntese microbiana, o que não foi verificado no presente estudo, mesmo com diferenças na composição química da forragem em pastos adubados ou consorciados com leguminosas.

#### 4. CONCLUSÕES

O consórcio de capim-marandu com amendoim forrageiro e a adubação nitrogenada em pastos de capim-marandu não mitigam a emissão de CH<sub>4</sub> entérico de novilhas leiteiras mestiças.

O manejo dos pastos de capim-marandu adubados com 150 kg N ha<sup>-1</sup> ano, consorciados com amendoim forrageiro ou sem adubação nitrogenada feito na altura equivalente à 95% de IL e eficiência de pastejo de 50%, com a taxa de lotação ajustada com base na oferta de forragem de cada piquete, proporciona condições adequadas para não limitar o consumo dos animais e para evitar a degradação dos pastos.

O consumo e a digestibilidade da matéria seca não são afetados pela adubação nitrogenada ou pela introdução de leguminosas no sistema.

A adubação nitrogenada aumenta o valor nutritivo da forragem, ao elevar o teor de proteína bruta, matéria orgânica e energia da forragem e, por outro lado, reduz os teores de FDN, hemicelulose e celulose.

O consórcio de capim-marandu com amendoim forrageiro eleva o teor de carboidratos totais da forragem.

A adubação nitrogenada proporciona maior oferta de folhas aos pastos de capim-marandu. Por outro lado, não há diferenças de massa de forragem entre pastos adubados com 150 kg N ha<sup>-1</sup> ano e consorciados com amendoim forrageiro.

Novilhas mestiças recriadas em pastos de capim-marandu adubados com 150 kg N ha<sup>-1</sup> ano apresentam maior excreção de ácido úrico na urina e menor relação alantoína:derivados de purina.

Não há diferenças na eficiência de uso de N e na eficiência de síntese de proteína microbiana por novilhas mestiças leiteiras mantidas em pastos de capim-marandu adubados, consorciados com leguminosa ou sem fonte nitrogenada.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADESOGAM, T.; OTT, T.; TRICARIDO, J. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 5045-5069, 2013.

ALLEN, V.G.; BATELLO, C.; BERRETTA, E.J.; HODGSON, J.; KOTHMANN, M.; LI, X.; MCLVOR, J.; MILNE, J.; MORRIS, C.; PEETERS, A.; SANDERSON, M. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v. 66, p. 2-28, 2011.

ANDRADE, E.A. Consumo de forragem, desempenho animal e emissão de metano entérico por bovinos em pastos de capim-elefante anão com ou sem acesso a amendoim forrageiro. 2013. 44 f. Dissertação (Mestrado), Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013.

ARCHIMÈDE, H.; EUGÈNE, M.; MAGDALENEINE, C.M.; BOVAL, M.; MARTIN, C.; MORGAVI, D.P.; DOREAU, M. Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. **Animal Feed Science and Technology**, v. 166, p. 59-64, 2011.

ARCHIMÈDE, H.; RIRA, M.; EUGÈNE, M.; FLEURY, J.; LASTEL, M.L.; PÉRIACARPIN, F.; DOREAU, M. Intake, total-tract digestibility and methane emissions of Texel and Blackbelly sheep fed C4 and C3 grasses tested simultaneously in a temperate and a tropical area. **Journal of Cleaner Production**, v. 185, p. 455-463, 2018.

ATKINSON, R.L.; TOONE, C.D.; ROBINSON, T.J. Effects of ruminal protein degradability and frequency of supplementation on nitrogen retention, apparent digestibility, and nutrient flux across visceral tissues in lambs fed low-quality forage. **Journal of Animal Science**, v.88, n.2, p727-736, 2010.

BARBERO, L.M.; CECATO, U.; LUGÃO, S.M.B.; GOMES, J.A.N.; LIMÃO, V.A.; BASSO, K. C. Produção de forragem e componentes morfológicos em pastagem de coastcross consorciada com amendoim forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 788-795, 2009.

BARBERO, L.M.; CECATO, U.; LUGÃO, S.M.B.; GOMES, J.A.N.; LIMÃO, V.A.; ABRAHÃO, J.J.S.; ROMA, C.F.C. Produção animal e valor nutritivo da forragem de

pastagem de coastcross consorciada com amendoim forrageiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 3, p. 645-653, 2010.

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.

BARBERO, R.P.; MALHEIROS, E.B.; NAVE, R.L.; MULLINIKS, J. T.; DELEVATTI, L.M.; KOSCHECK, J.F.; RUGGIERI, A.C.; REIS, R.A. Influence of post-weaning management system during the finishing phase on grasslands or feedlot on aiming to improvement of the beef cattle production. **Agricultural Systems**, v. 153, p. 23-31, 2017.

BARBOSA, A.M.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C.; VÉRAS, R.M.L.; LEÃO, M.I.; DETMANN, E.; SOUZA, M.A. Efeito do período de coleta de urina, dos níveis de concentrado e de fontes proteicas sobre a excreção de creatinina, de ureia e de derivados de purina e a produção microbiana em bovinos Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 870-877, 2006.

BARTHAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: ALCOCK, M.M. (Ed.) **Biennial Report of the Hill Farming Research Organization**. Midlothian: Hill Farming Research Organization, p.29-30, 1985.

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

BENETT, C.G.S.; BUZETTI, S.; SILVA, K.S.; BERGAMASCHINE, A.F.; FABRICIO, J.A. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1629-1636, 2008.

BERNDT, A. T. M.; BOLAND, M. H.; DEIGHTON, J. I.; Gere, J.I.; GRAINGER, C.; HEGARTY, R. S.; MARTIN, R.J. **Guidelines for use of sulphur hexafluoride (SF6) tracer technique to measure enteric methane emissions from ruminants**. M. G. Lambert, ed. New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre, New Zealand, p. 1-166, 2014.

BLAXTER, K.L., CLAPPERTON, L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **British Journal of Nutrition**, v. 19, p. 511–522, 1965.

BODDEY, R. M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R.M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O. C.; REZENDE, C. 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, n.2, p. 389-403, 2004.

BRENNECKE, K. **Efeitos de doses de sódio e nitrogênio na composição bromatológica, química e digestibilidade in vitro do capim coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), em duas idades de corte.** 2002. 73p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

CARDOSO, A.S.; JOSÉ NETO, A.; AZENHA, M.V.; MORGADO, E.S.; BRITO, L.F.; JANUSCKEWLCZ, E.R.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A.; RUGGIERI, A.C. Mineral salt intake effects on faecal-N concentration and the volume and composition of beef cattle urine. **Tropical Animal Health and Production**, just accepted. 2018.

CARULLA, J. E.; KREUZER, M.; MACHMÜLLER, A.; HESS, H. D. Supplementation of Acacia meal reduces methane production and urinary nitrogen in forage-fed sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 56, p. 961-970, 2005.

CARULLA, J.; LASCANO, C.E.; WARD, J.K. Selectivity of resident and esophageal fistulated steers grazing *Arachis pinto* and *Brachiaria dictyoneura* in Llanos of Colombia. **Tropical Grasslands**, n.25, p.315-324, 1991.

CARVALHO, M.A.; RAMOS, A.K.B.; KARIA, C.T.; FERNANDES, F. D. **Densidade de semeadura para o estabelecimento de pastagens de amendoim forrageiro (*Arachis pinto*).** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 4p. (Comunicado Técnico, 162).

CASAGRANDE, D.R.; RUGGIERI, A.C.; MORETTI, M.H.; BERCHIELLI, T.T.; VIEIRA, B.R.; ROTH, A.P.T.P.; REIS, R.A. Sward canopy structure and performance of beef heifers under supplementation in *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pastures

maintained with three grazing intensities in a continuous stocking system. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 2074-2082, 2011.

CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.G.; PAULINO, M.F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.335-342, 2008.

CECATO, U.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E.B. Frequências de corte, níveis e formas de aplicação de nitrogênio sobre as características de rebrota do capim-aruaana (*Panicum maximum* Jacq cv. Aruaana). **Revista Unimar**, Maringá, v.16, n.3, p.263-276, 1994.

CECATO, U.; CASTRO, C.D.C.; CANTO, M.D.; PETERNELLI, M.; ALMEIDA JUNIOR, J.; JOBIM, C.C.; CANO, C.C.P. Perdas de forragem em capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq cv. Tanzania-1) manejado sob diferentes alturas sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 295-301, 2001.

CECATO, U.; PEREIRA, L.A.F.; JOBIM, C.C.; MARTINS, E.N.; BRANCO, A.F.; GALBEIRO, S.; MACHADO, A.O. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a composição químico-bromatológica do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 26, n.3, p. 399-407, 2004.

CHACON, E.; STOBBS, T. H.; DALE, M. B. Influence of sward characteristics on grazing behaviour and growth of Hereford steers grazing tropical grass pasture. **Australian Journal of Agriculture Research**, Melbourne, v. 29, n. 1, p. 89-102, 1978.

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 technical details**. Bucksburn: Rowett Research Institute/International Feed Research Unit, 21p., 1992.

CHIZZOTTI, F.H.M.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C.; CHIZZOTTI, M.L.; RODRIGUES, R.T.S.; TEDESCHI, L.O.; SILVA, T.C. Does sugar cane ensiled with calcium oxide affect intake, digestibility, performance, and microbial efficiency in beef cattle? **Animal Feed Science and Technology**, v. 203, p. 23-32, 2015.

CHIZZOTTI, M.L. Avaliação da casca de algodão para novilhos de origem leiteira e determinação da excreção de creatinina e produção de proteína microbiana em novilhas e vacas leiteiras. **Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa**, v. 132, 2004.

CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.D.C.; VALADARES, R.F.D.; CHIZZOTTI, F. H. M.; CAMPOS, J. M. S. Consumo, digestibilidade e excreção de ureia e derivados de purinas em novilhas de diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1813-1821, 2006.

CLARK, J.H.; KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M.R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2304-2323, 1992.

CORSI, M. **Effects of nitrogen rates and harvesting intervals n dry matter production, tillering and quality of the tropical grass *Panicum maximum* Jacq.** 1984. 125f. Thesis (Doctor of Philosophy) – The Ohio State University, Ohio.

COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; FAQUIN, V.; SILVA, G.P.; SEVERIANO, E.C. Produção de massa seca e nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf sob doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 06, p. 1578-1585, 2009.

CRUTZEN, P.J.; ASELMANN, I.; SEILER, W. Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna, and humans. **Tellus B: Chemical and Physical Meteorology**, v. 38, n. 3-4, p. 271-284, 1986.

CUOMO, G.J.; ANDERSON, B.E. Nitrogen fertilization and burning effects on rumen protein degradation and nutritive value of native grasses. **Agronomy Journal**, v. 88, n. 3, p. 439-442, 1996.

DA SILVA, L.D.; PEREIRA, O.G.; DA SILVA, T.C.; VALADARES FILHO, S.C.; RIBEIRO, K.G. Effects of silage crop and dietary crude protein levels on digestibility, ruminal fermentation, nitrogen use efficiency, and performance of finishing beef cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 220, p. 22-33, 2016.

DELEVATTI, L.M.; CARDOSO, A.S.; BARBERO, R.P.; LEITE, R.G.; ROMANZINI, E.P.; RUGGIERI, A.C.; REIS, R.A. Effect of nitrogen application rate on yield, forage



quality, and animal performance in a tropical pasture. **Scientific Reports** (submetido). 2019.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VALADARES FILHO S.C.; EUCLYDES, R.F.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: parâmetros ingestivos e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1340-1349, 2001.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos** – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT). Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M. F. Predição do valor energético de dietas para bovinos a partir da composição química dos alimentos. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados: BR-Corte (Eds SC Valadares, MI Marcondes, ML Chizzotti, PVR Paulino) pp**, p. 47-64, 2010.

DETMANN, E.; VALENTE, É. E.; 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.

DUPAS, E.; BUZETTI, S.; BERGAMASCHINE, A. F.; HERNANDEZ, F. B. T.; ISEPON, O.; SARTO, A. L. Doses de nitrogênio com e sem irrigação nos cultivares de capins Mombaça e Marandu na região de Ilha Solteira - SP. In: **43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2006, João Pessoa – Paraíba.

DUPAS, E.; BUZETTI, S.; RABELO, F.H.S.; SARTO, A.L.; CHENG, N.C.; GALINDO, F.S.; DE NIRO GAZOLA, R. Nitrogen recovery, use efficiency, dry matter yield, and chemical composition of palisade grass fertilized with nitrogen sources in the Cerrado biome. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 9, p. 1330, 2016.

DUPAS, E.; BUZETTI, S.; SARTO, A.L.; HERNANDEZ, F.B.T.; BERGAMASCHINE, A. F. Dry matter yield and nutritional value of Marandu grass under nitrogen fertilization and irrigation in cerrado in São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2598-2603, 2010.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: EMBRAPA, p. 353, 2013.

EUCLIDES, V.P.B. **Alternativas para intensificação da produção de carne bovina em pastagem**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 65p., 2000.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Tackling climate change through livestock. A global assessment of emissions and mitigation opportunities**. Rome, FAO, 115p., 2013.

FIGUEIREDO. Determinação de cinzas e conteúdo animal – cinzas. 30p., 2007. Disponível em: <[http://www.pfigueiredo.org/BromII\\_5.pdf](http://www.pfigueiredo.org/BromII_5.pdf)>. Acesso em: 15/jul/2018.

FLORES, R.S.; EUCLIDES, V.P.B.; ABRÃO, M.P.C.; GALBEIRO, S.; DIFANTE, G.D.S.; BARBOSA, R.A. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n.8, p. 1355-1365, 2008.

FUJIHARA, T.; ORSKOV, E.R.; REEDS, P.J. et al. The effect of protein infusion on urinary excretion of purine derivatives in ruminants nourished by intragastric nutrition. **Journal of Agricultural Science**, v.109, p.7-12, 1987.

GALLES, K.; HAM, J.; WESTOVER, E.; STRATTON, J.; WAGNER, J.; ENGLE, T.; BRYANT, T.C. Influence of reduced nitrogen diets on ammonia emissions from cattle feedlot pens. **Atmosphere**, v.2, p. 655–670, 2011.

GARGANTINI, P.E.; HERNANDEZ, F.; VANZELA, L.; LIMA, R. Irrigação e adubação nitrogenada em capim mombaça na região Oeste do Estado de São Paulo. In: **Congresso Nacional De Irrigação e Drenagem**. v.15, 2005.

GIMENES, F.M.A.; SILVA, S.C.; FIALHO, C.A.; GOMES, M.B.; BERNDT, A.; GERDES, L.; COLOZZA, M.T. Ganho de peso e produtividade animal em capim-marandu sob pastejo rotativo e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 7, p. 751-759, 2011.

GOMIDE, J.A. Fisiologia do crescimento livre de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.1-14, 1994.

GONÇALVES, C. A.; COSTA, N. L. Avaliação agronômica de *Brachiaria decumbens* em consorciação com leguminosas forrageiras tropicais em Rondônia. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 23, n. 5, p. 699-708, 1994.

HALLS, L. K. The Approximation of Cattle Diet through Herbage Sampling. **Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives**, v. 7, n. 6, p. 269-270, 1954.

HAMMOND, K.J.; BURKE, J.L.; KOOLAARD, J.P.; MUETZEL, S.; PINARES-PATIÑO, C.S.; WAGHORN, G.C. Effects of feed intake on enteric methane emissions from sheep fed fresh white clover (*Trifolium repens*) and perennial ryegrass (*Lolium perenne*) forage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 179, p. 121-132, 2011.

HERINGER, I.; JACQUES, A.V.Á. Qualidade da forragem de pastagem nativa sob distintas alternativas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.3, p.399-406, 2002.

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.

HOPPER, J.T.; HOLLOWAY, J.W.; BUTTS JR., W.T. Animal variation in chromium sesquioxide excretion patterns of grazing cows. **Journal of Animal Science**, v.46, n.4, p.1098-1102, 1978.

HRISTOV, A.N.; OH, J.; FIRKINS, J.L.; DIJKSTRA, J.; KEBREAB, E.; WAGHORN, G.; GERBER, P.J. SPECIAL TOPICS — Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options 1. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 11, p. 5045-5069, 2013.

IBRAHIM, M. A.; t' MANNETJE, L. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures in the humid tropics of Costa Rica – 1: dry matter yield, nitrogen and botanical composition. **Tropical Grasslands**, St. Lucia, v. 32, p. 96-104, 1998.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro\\_2017\\_resultados\\_pre\\_prelimina.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_pre_prelimina.pdf)>. 2017.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In: EGGLESTON, H.S.; BUENDIA, L.;

MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K. (Ed) **Agriculture, forestry and other land use**. Hayama: Institute for Global Environmental Strategies, v. 4, 2006.

JOHNSON, C.R.; REILING, B.A.; MISLEVY, P.; HALL, M.B. Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 9, p. 2439-2448, 2001.

JOHNSON, L.M.; HARRISON, J.H.; RILEY, R.E. Estimation of the flow of microbial nitrogen to the duodenum using urinary uric acid or allantoin. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.9, p.2408-2420, 1998.

JONES, R.J.; LUDLOW, M.M.; TROUGHTON, J.H.; BLUNT, C.G. Estimation of the proportion of C 3 and C 4 plant species in the diet of animals from the ratio of natural 12 C and 13 C isotopes in the faeces. **The Journal of Agricultural Science**, v. 92, n. 1, p. 91-100, 1979.

JONKER, A.; MUETZEL, S.; MOLANO, G.; PACHECO, D. Effect of fresh pasture forage quality, feeding level and supplementation on methane emissions from growing beef cattle. **Animal Production Science**, v. 56, n. 10, p. 1714-1721, 2016.

KAYONGO-MOLE, H.; THOMAS, SW; ULLREY, DE. Chemical composition and digestibility of tropical grasses. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v. 15, n. 2, p.185-200, 1974.

KENNEDY, P. M.; CHARMLEY, Ed. Methane yields from Brahman cattle fed tropical grasses and legumes. **Animal Production Science**, v. 52, n. 4, p. 225-239, 2012.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L.P.; OLIVEIRA, I. P.; COSTA, J. L. S.; SILVA, J. G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O.; MAGNABOSCO, C. U. **Sistema Santa Fé: tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 2000.

KROPP, J.R.; JOHNSON, R.R.; MALES, J.R.; OWENS, F.N. Microbial protein synthesis with low quality roughage rations: isonitrogenous substitution of urea for soybean meal. **Journal of Animal Science**, v.46, p.837-843, 1977.

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

LASCANO, C. E.; THOMAS, D. Forage quality and animal selection of *Arachis pintoi* in association with tropical grasses in the eastern plains of Colombia. **Grass and Forage Science**, v. 43, n. 4, p. 433-439, 1988.

LEÃO, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; RENNÓ, L.N.; GONÇALVES, L.C.; CECON, P.R.; AZEVEDO, J.A.G.; VALADARES, R.F.D. Consumos e digestibilidades totais e parciais de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e extrato etéreo em novilhos submetidos a três níveis de ingestão e duas metodologias de coleta de digestas abomasal e omasal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1604-1615, 2004.

LENZI, A.; CECATO, U.; MACHADO FILHO, L.C.P.; GASPARINO, E.; ROMA, C.F.C.; BARBERO, L. M.; LIMÃO, V. A. Produção e qualidade do pasto de coastcross consorciado ou não com amendoim forrageiro com ou sem aplicação de nitrogênio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 4, p. 918-926, 2009.

LOAIZA, P.A.; BALOCCHI, O.; BERTRAND, A. Carbohydrate and crude protein fractions in perennial ryegrass as affected by defoliation frequency and nitrogen application rate. **Grass and Forage Science**, v. 72, n. 3, p. 556-567, 2017.

MACEDO, R.; TARRÉ, R.M.; FERREIRA, E.; REZENDE, C.P.; PEREIRA, J.M.; CADISCH, G.; ROUWS, J.R.C.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Forage intake and botanical composition of feed for cattle fed Brachiaria/legume mixtures. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 4, p. 384-392, 2010.

MARCELINO, K.R.A.; LEITE, G.G.; VILELA, L.; GUERRA, A.F.; DIOGO, J.M.S.; PEREIRA, A.M. Influência de nitrogênio e tensões hídricas sobre o valor nutritivo de marandu *Brachiaria brizantha* cultivado no cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2002.

McCAUGHEY, W.P.; WITTENBERG, K.; CORRIGAN, D. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. **Canadian Journal of Science**, v.79, p.221-226, 1999.

MENDONÇA, S.S. **Desempenho, síntese de proteína microbiana e comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar ou Silagem de Milho.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 68p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.

MESQUITA, P.; SILVA, S.C. PAIXA, A.J.; CAMINHA, F.O.; PEREIRA, L.E.T.; GUARDA, V.D.G.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Structural characteristics of marandu palisadegrass swards subjected to continuous stocking and contrasting rhythms of growth. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 01, p. 23-30, 2010.

MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition.** San Diego: Academic Press, 483p., 1990.

MOREIRA, G. D; LIMA, P.M.T; BORGES, B.O; PRIMAVESI, O; LONGO, C; McMANUS, C; ABDALLA, A; LOUVANDINI, H. Tropical tanniniferous legumes used as an option to mitigate sheep enteric methane emission. **Tropical Animal Health and Production**, 45, 879–82, 2013

MOSCARDINI, S.; WRIGHT, T.C.; LUIMES, P.H.; McBRIDE, B.W.; SUSMEL, P. Effects of rumen-undegradable protein and feed intake on purine derivative and urea nitrogen: Comparison with predictions from the cornell net carbohydrate and protein system. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 9, p. 2421-2429, 1998.

MOSS, A.R. Environmental control of methane production by ruminants. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE, 1., Hokkaido 2001. **Proceedings.** Hokkaido: Greenhouse Gases and Animal Agriculture, p.35-43, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of beef cattle.** 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 242 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of the dairy cattle.** 7 th ed. Washington, D. C., 2001. 381 p.

NEVEL, C.J.; DEMEYER, K.I. Manipulation of rumen fermentation. In: Hobson, P. N., (Ed). **The rumen microbial ecosystem.** London: Elsevier Applied Science, p.387-443, 1988.

- NOLER, C.H., RHYKERD, C.L. Relation of nitrogen fertilization and chemical composition of forage to animal health and performance. In: MAYS, D.A. *Forage fertilization*. **Madison: Crop, Science Society of America**, p. 363-393, 1974.
- NORTON, B. W.; POPPI, D. P. Composition and nutritional attributes of pasture legumes. In: D´MELLO, J. P. F.; DEVENDRA, C, (eds). **Tropical legumes in animal nutrition**. CAB International Wallingford. p.23-48, 1995.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washinton, D.C.: National Academic Press, 381p., 2001.
- NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P.; PEDREIRA, C.G.S. Valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASAGEM, 15, 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ/ESALQ, p.203-242, 1998.
- OLIVEIRA, A.P.; CASAGRANDE, D.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A.; BARBERO, R.P.; BERCHIELLI, T.T.; RUGGIERI, A.C.; REIS, R.A. Supplementation for beef cattle on Marandu grass pastures with different herbage allowances. **Animal Production Science**, v. 56, n. 1, p. 123-129, 2016.
- OLIVEIRA, A.S.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R.; RENNÓ, L.N.; QUEIROZ, A.D.; CHIZZOTTI, M.L. Produção de proteína microbiana e estimativas das excreções de derivados de purinas e de ureia em vacas lactantes alimentadas com rações isoprotéicas contendo diferentes níveis de compostos nitrogenados não-protéicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1621-1629, 2001.
- ORELLANA BOERO, P.; BALCELLS, J.; MARTÍN-ORÚE, S.M.; LIANG, J.B.; GUADA, J.A. Excretion of purine derivates in cows: endogenous contribution and recovery of exogenous purine bases. **Livestock Production Science**, v.68, p.243-250, 2001.
- OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. Digesta passage and microbial protein synthesis. In: MILLIGAN, L.P.; GROVUM, W.L.; DOBSON, A. (Eds.). **Control of digestion and metabolism in ruminants**. London: Prentice Hall, p.196-226, 1986.
- PACIULLO, D.S.C.; AROEIRA, L.J.M.; CARVALHO, C.A.B.; MORENZ, M.J.F. Taxa de acúmulo de forragem de *Stylosanthes guianensis* em pastagem consorciada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria, RS. **Anais..** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003.

PARIS, W.; CECATO, U.; MARTINS, E.N.; LIMÃO, V.A.; GALBEIRO, S.; OLIVEIRA, E. Estrutura e valor nutritivo da pastagem de coastcross consorciada com *Arachis pintoi*, com e sem adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.3, p.513-524, 2009.

PAULINO, M. F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; MORAES, E.H.B.K.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. Bovinocultura de ciclo curto em pastagens. **Simpósio de Produção de Gado de Corte**, v. 3, p. 153-196, 2002.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; Da SILVA, S.C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivada Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n.2, p. 281-287, 2007.

PEDREIRA, M.S.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M.A.; FRIGHETTO, R.T.; OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T. Ruminant methane emission by dairy cattle in southeast Brazil. **Scientia Agricola**, v.66, p.742-750, 2009.

PEREIRA, E.S.; PIMENTEL, G.P.; DUARTE, L.S.; MIZUBUTI, I.Y.; ARAÚJO, G.G.L.; CARNEIRO, M.S.S.; MAIA, I.S.G. Determinação das frações proteicas e de carboidratos e estimativa do valor energético de forrageiras e subprodutos da agroindústria produzidos no Nordeste Brasileiro. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, 2010.

PEREIRA, J.C.; GOMES, F.K.; OLIVEIRA, M.D.B.L.; LARA, M.A.S.; BERNARDES, T.F.; CASAGRANDE, D.R. Defoliation management affects morphogenetic and structural characteristics of mixed pastures of brachiaria grass and forage peanut. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 34, n. 1, p. 13-19, 2017.

POPPI, D.P.; VEGA, A. Extent of digestion and rumen condition as factors affecting passage of liquid and digesta particles in sheep. **The Journal of Agricultural Science**, v. 128, n. 2, p. 207-215, 1997.

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

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018. URL <https://www.R-project.org/>.



RENNÓ, L.N. **Produção de proteína microbiana utilizando derivados de purina na urina, concentração plasmática de ureia e excreções de ureia e creatinina em novilhos**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 95p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa 1999.

RENNÓ, L.N.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; LEÃO, M.I.; CECON, P.R.; BACKERS, A.A.; PAIXÃO, M.L. Níveis de proteína na ração de novilhos de quatro grupos genéticos: estimativa da produção de proteína microbiana por intermédio dos derivados de purinas na urina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...**Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003.

RENNÓ, L.N.; VALADARES FILHO, S.D.C.; VALADARES, R.F.D.; PAULINO, M.F.; RENNO, F.P.; SILVA, P.A. Níveis de ureia na ração de novilhos de quatro grupos genéticos: estimativa da produção de proteína microbiana por meio dos derivados de purinas na urina utilizando duas metodologias de coleta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p. 546-555, 2008.

RENNÓ, L.N.; VALADARES, R.F.D.; LEÃO, M.I.; VALADARES FILHO, S.D.C.; SILVA, J.F.C.D.; CECON, P.R.; OLIVEIRA, R.V.D. Estimativa da produção de proteína microbiana pelos derivados de purinas na urina em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1223-1234, 2000.

REZENDE, A.V.; LIMA, J.F.; RABELO, C.H.S.; RABELO, F.H.S.; NOGUEIRA, D.A.; CARVALHO, M.; FARIA JR, C.N.A.; BARBOSA, L.A. Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada. **Agrarian**, v. 4, n. 14, p. 335-343, 2011.

RIBEIRO, O.L.; CECATO, U.; RODRIGUES, A.M.; FAVERI, J.C.; SANTOS, G.T.D.; LUGÃO, S.M.B.; BELONI, T. Composição botânica e química da coastcross consorciada ou não com *Arachis pintoi*, com e sem nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 1, 2012.

RIRA, M.; MORGAVI, D.P.; POPOVA, M.; MARIE-MAGDELEINE, C.; SILOU-ETIENNE, T.; ARCHIMÈDE, H.; DOREAU, M. Ruminal methanogens and bacteria populations in sheep are modified by a tropical environment. **Animal Feed Science and Technology**, v. 220, p. 226-236, 2016.

ROGERS, J.R.; HARVEY, R.W.; POORE, M.H.; MUELLER, J.P.; BARKER, J.C. Application of nitrogen from swine lagoon effluent to bermudagrass pastures: seasonal changes in forage nitrogenous constituents and effects of energy and escape protein supplementation on beef cattle performance. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 5, p. 1126-1133, 1996.

RUGGIERI, A. C.; CARDOSO, A. S.; REIS, R.A. et al. Impact of grazing intensity on herbage mass, forage structure, greenhouse gases emissions and animal performance: an analysis of groups of experiment from *Brachiaria* pastureland. **Crop Science** (em preparação), 2018.

RUGGIERI, A.C.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E. B. Características de crescimento e produção de matéria seca da *Brachiaria brizantha* (Hochst) stapf cv. Marandu em função de níveis de nitrogênio e regime de corte. **Boletim de Indústria Animal** (Impresso), NOVA ODESSA, SP, v. 02, n.51, p. 149-155, 1994.

RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3551- 3561, 1992.

SANTANA, J. R.; SANTOS, G. L. Efeito do parcelamento de nitrogênio e intervalo entre cores sobre a produção de matéria seca e de proteína bruta de *Setaria anceps* (Schum.) Stapf & hub. cv. Kazungula. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 12, n. 3, p. 522-534, 1983.

SANTOS, N.L.; SILVA, M.D.; CHAVES, M.A. Efeito da irrigação suplementar sobre a produção dos capins tifton 85, tanzânia e marandu no período de verão no sudoeste baiano. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 911-922, 2008.

SARMENTO, D.O.L. **Comportamento ingestivo de bovinos em pastos de capim marandu a regimes de lotação contínua**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2003. 76p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ Universidade de São Paulo, 2003.

SCHALEMBERG DIEHL, M.; OLIVO, C.J.; AGNOLIN, C.A.; LIMA DE AZEVEDO JUNIOR, R.; BRATZ, V. F.; COSTA DOS SANTOS, J. Massa de forragem e valor nutritivo de capim elefante, azevém e espécies de crescimento espontâneo

consoiciadas com amendoim forrageiro ou trevo vermelho. **Ciência Rural**, v. 44, n. 10, 2014.

SILVA, R.M.N.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R.; RENNÓ, L.N.; SILVA, J.M. Ureia para vacas em lactação. 2. Estimativas do volume urinário, da produção microbiana e da excreção de ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1948-1957, 2001.

SNNIFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562 - 3577, 1992.

SOLATI, Z.; JORGENSEN, U.; ERIKSEN, J.; SOEGAARD, K. Dry matter yield, chemical composition and estimated extractable protein of legume and grass species during the spring growth. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 12, p. 3958-3966, 2017.

SUSMEL, P.; STEFANON, B.; PLAZZOTTA, E.; SPANGHERO, M.; MILLS, C.R. The effect of energy and protein intake on the excretion of purine derivatives. **The Journal of Agricultural Science**, v. 123, n. 2, p. 257-265, 1994.

TEIXEIRA, J.C.; ANDRADE, G.A. Carboidrato na alimentação de ruminantes. In: SIMPOSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2, 2001, Lavras. Palestras... Lavras: **Editora UFLA**, v.1, p.165-210, 2001.

TOPPS, J. H.; ELLIOTT, R. C. Partition of nitrogen in the urine of African sheep given a variety of low-protein diets. **Animal Science**, v. 9, n. 2, p. 219-227, 1967.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Evaluating ruminant livestock efficiency projects and programs**. Washington, D.C.: Peer Review Draft, 48p., 2000.

VAGNONI, D. B.; BRODERICK, G.A.; CLAYTON, M.K.; HATFIELD, R.D. Excretion of Purine Derivatives by Holstein Cows Abomasally Infused with Incremental Amounts of Purines<sup>1</sup>. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 8, p. 1695-1702, 1997.

VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R.; MAGALHÃES, K. A.; PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; PINA, D. S.; AZEVEDO, J. A. G. Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos - BR Corte. Viçosa, MG: Gráfica Suprema, 142 p., 2006.

- VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S. C.; CLAYTON, M.K. Effect of replacing alfafa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.2686-2696, 1999.
- VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; VALADARES FILHO, S.D.C.; SAMPAIO, I.B.M. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 4. Concentrações de amônia ruminal e ureia plasmática e excreções de ureia e creatinina. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 26, n. 6, p. 1270-1278, 1997.
- VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônômico/ Fundação IAC, p.285, 1997.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. New York: Cornell University Press, 476p., 1994.
- VAN SOEST, P. J. Physic-chemical aspects of fiber digestion. **Digestion and Metabolism in the Ruminant**, v. 1, p. 351-365, 1975.
- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A.; ORSKOV, E.R. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, p.243-248, 1990.
- VICENTE - CHANDLER, J. **The intensive management of tropical forages in Puerto Rico**. Rio Piedras: Agricultural Experiment Station, 1964.
- WAGHORN, G. C. TAVENDALE, M. H.; WOODFIELD, D. R. Methanogenesis from forages fed to sheep. **Proceedings of New Zealand Grassland Association, Palmerston North**, v. 64, p. 167-171, 2002.
- WELLES, J.M.; NORMAN, J.M. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. **Agronomy Journal**, v.83, p.818-825, 1991.
- WESTBERG, H. H.; JOHNSON, K. A.; COSSALMAN, M. W.; MICHAEL, J. J. **A SF<sub>6</sub> tracer technique: methane measurement from ruminants**. Washington State University, Pullman, Washington, p. 40, 1998.

WILKERSON, V. A.; CASPER, D. P.; MERTENS, D. R. The Prediction of Methane Production of Holstein Cows by Several Equations<sup>1</sup>. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 11, p. 2402-2414, 1995.

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

YU, P.; EGAN, A.R.; BOON-EK, L.; LEURY, B.J. Purine derivative excretion and ruminal microbial yield in growing lambs fed raw and dry roasted legume seeds as protein supplements. **Animal Feed Science and Technology**, v.95, p.33-48, 2002.

ZIMMERMAN, P.R. **System for measuring metabolic gas emissions from animals**. U.S. Patent n. 5, 265, 618, 1993.