



LUIS ALBERTO DEPABLOS ALVIAREZ

**RESPOSTAS AGRONÔMICAS, MORFOLÓGICAS E
CICLAGEM DE NITROGÊNIO EM PASTOS
CONSORCIADOS DE MARANDU E CALOPO EM
FUNÇÃO DE MANEJOS DA DESFOLHAÇÃO**

LAVRAS- MG
2019

LUIS ALBERTO DEPABLOS ALVIAREZ

**RESPOSTAS AGRONÔMICAS, MORFOLÓGICAS E CICLAGEM DE
NITROGÊNIO EM PASTOS CONSORCIADOS DE MARANDU E CALOPO
EM FUNÇÃO DE MANEJOS DA DESFOLHAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor

Prof. Dr. Daniel Rume Casagrande
Orientador

Prof. Dr. Marcio André Stefanelli Lara
Coorientador

**LAVRAS- MG
2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Depablos Alviárez, Luis Alberto.

Respostas agronômicas, morfológicas e ciclagem de nitrogênio em pastos consorciados de Marandu e Calopo em função de manejos da desfolhação / Luis Alberto Depablos Alviárez. - 2019. 100 p.

Orientador(a): Daniel Rume Casagrande.

Coorientador(a): Marcio André Lara Stefanelli.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. calopo. 2. consórcio. 3. ciclagem. I. Rume Casagrande, Daniel. II. Lara Stefanelli, Marcio André. III. Título.

LUIS ALBERTO DEPABLOS ALVIAREZ

**RESPOSTAS AGRONÔMICAS, MORFOLÓGICAS E CICLAGEM DE
NITROGÊNIO EM PASTOS CONSORCIADOS DE MARANDU E CALOPO
EM FUNÇÃO DE MANEJOS DA DESFOLHAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor

APROVADO em 26 de fevereiro de 2019

Prof. Dr. Marcio Stefanelli Lara (DZO-UFLA)
Prof. Dr. Carlos de Miranda Gomide (EMBRAPA- Gado de Leite)
Prof. Dr. Robert Michael Boddey (EMBRAPA-Agrobiologia)
Prof. Dr. André Fischer Sbrissia (UDESC)

Prof. Dr. Daniel Rume Casagrande
Orientador

**LAVRAS- MG
2019**

A mi padre Luis Depablos (†)

A mi madre Pina Alviarez

“Su Mono alcanzó ser Doctor”

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu guia e minha fortaleza. Uma vez mais humilde ante tanta bondade.

À minha família, em especial aos meus filhos Luis e Maria, e minhas irmãs Joice, Oriana e Luisana, que são e serão sempre alegria e apoio. Vocês são demais!

À Gioconda Laurenti, obrigado por dar mais clareza à minha vida! Te Amo.

À Universidade Federal de Lavras, em especial aos Professores do Programa de Pós graduação em Zootecnia.

Ao Professor Daniel Casagrande pela orientação Doutoral

Aos Colegas do NEFOR, cujo apoio no experimento fora inestimável

Ao incondicional apoio que fora concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

Ao apoio que fora concedido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-CA).

Ao Laboratório de Ciclagem de Nutrientes, seção Isótopos Estáveis de Embrapa Agrobiologia pelo apoio nas análises de isótopos de carbono e nitrogênio.

Aos parceiros Robert, Daniel, Nerio, Ricardo, Charles, Andrés, Raul, Ivan, Sebastian, Jesus e outros, agradeço pela paciência em meus desabafos, pelos esclarecimentos acadêmicos, ou porque simplesmente, não se esqueceram de mim.

MUITO OBRIGADO!

SUMARIO

PRIMEIRA PARTE	8
INTRODUÇÃO	9
REFERENCIAL TEÓRICO	10
REFERÊNCIAS	12
RESUMO INTERPRETATIVO E RESUMO GRÁFICO	15
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	16
ARTIGO 1 - MANEJO DE PASTOS CONSORCIADOS DE MARANDU COM CALOPO EM FUNÇÃO DA INTERCEPTAÇÃO LUMINOSA DO DOSSEL	17
1. Introdução	19
2. Material e Métodos	20
3. Resultados	26
4. Discussão	31
5. Conclusão	35
 Referências	35
ARTIGO 2 - CICLAGEM DE NITROGÊNIO DO CONSÓRCIO DE MARANDU COM CALOPO SOB DIFERENTES MANEJOS DO PASTEJO	51
1. Introdução	53
2. Material e Métodos	54
3. Resultados	62
4. Discussão	65
5. Conclusão	70
 Referências	70

PRIMEIRA PARTE – INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO

Os dosséis consorciados oferecem uma alternativa de produção sustentável frente aos desafios da crescente demanda de produtos animais e da mudança climática atual. Segundo Andrade et al. (2015), dentro dos principais benefícios dos consórcios de gramínea e leguminosas destacam-se a maior produção de forragem de melhores atributos nutricionais, o aumento da diversidade funcional das pastagens e a fixação biológica de nitrogênio (FBN) que poderia diminuir o uso de fertilizantes nitrogenados e as possíveis perdas do elemento (volatilização e lixiviação) pela forma e dose de aplicação.

Porém, a adoção dos consórcios tiveram algumas limitantes, sendo a compatibilidade das leguminosas no pasto misto uma delas (MIRANDA et al., 1992). Esse problema de harmonia e persistência das leguminosa agrava-se quando os métodos de lotação colhem a forragem com a mesma frequência.

Medidas de manejo para superar esse problema tem sido adotadas com resultados diferentes de acordo à região ou espécie de leguminosa. A interceptação luminosa como ferramenta de manejo para interromper o descanso dos dosséis foi usada com sucesso desde mediados do século passado em pastagens temperadas (BROUGHAM, 1956; DONALD, 1958). Recentemente, Gomes et al. (2018) adotaram esta ferramenta no manejo do consórcio de Marandu e Amendoim forrageiro indicando que desfolhações frequentes (entrada dos animais em dosséis com 90 e 95 % de interceptação luminosa) oferecem condições à leguminosa para persistir em composição botânica adequada no dossel, que segundo Andrade et al. (2015) deve oscilar entre 20 - 45 %.

As composições botânicas e morfológicas do dossel misto mudam com a frequência e intensidade de desfolhação. Deste modo, a interceptação luminosa como critério de interrupção do descanso no dossel misto, procura fornecer condições para que cada espécie tenha a possibilidade de interceptar a luz necessária para seus processos vitais, mantendo a compatibilidade no dossel.

Mudanças na composição botânica do dossel também impactam o tipo de serrapilheira depositada (CANTARUTTI et al., 2002). Assim, dosséis com maior proporção de leguminosa terão maior conteúdo de N na serrapilheira (SILVA et al., 2012; VENDRAMINI et al., 2014), sendo esta a via mais importante de transferência de N da leguminosa às pastagens (SEIFFERT et al., 1985).

O Calopo possui atributos favoráveis para ser consorciado com as gramíneas, como por exemplo, o pouco consumo animal e a produção comercial de sementes. Entretanto, sob condições de pastejo, a persistência do Calopo no consórcio, depende quase exclusivamente de sua reprodução, baseada na produção de sementes (PIZARRO et al., 1996). Consequentemente, a desfolhação do dossel misto deve ser suficientemente leniente para permitir o desenvolvimento das vagens e evitar o consumo animal da leguminosa, mas suficientemente frequente para evitar que o comportamento volúvel das plantas (SEIFFERT et al., 1985) seja exacerbado, ocorrendo perdas pelo pisoteio animal.

Dessa forma, hipotetizou-se que pastejos mais frequentes do consórcio de gramínea e Calopo permitiriam a manutenção da leguminosa em uma proporção botânica adequada no consórcio, o sucesso de sua sementeira natural e portanto, a persistência do dossel, com a consequente deposição de maior quantidade de serrapilheira de melhores atributos químicos.

Objetivou-se com este estudo, determinar estratégias de desfolhação, com base na interceptação luminosa de dosséis misto de *Brachiaria brizantha* Hochst ex A. Rich Stapf cv. Marandu e do *Calopogonium mucunoides* (Desv.) cv. comum com a finalidade de favorecer o restabelecimento da leguminosa no dossel e avaliar a ciclagem de nitrogênio.

REFERENCIAL TEÓRICO

A América tropical é um importante centro de diversidade genética de leguminosas com valor forrageiro. Inicialmente, algumas destas leguminosas foram avaliadas em pastos mistos, com o intuito de melhorar a ingestão de nutrientes (geralmente maior conteúdo de N, P, Ca e digestibilidade) dos ruminantes através de seu consumo (THOMAS et al., 1992; CADISCH et al., 1994).

Sem deixar para trás as vantagens encontradas sobre a dieta animal, a abordagem da experimentação de dosséis mistos mudou e foi mais holística, conseguindo outros benefícios da tecnologia ao sistema, como a FBN (SEIFFERT et al., 1985), as propriedades anti-helmínticas de alguns compostos das leguminosas (RÍOS de ÁLVAREZ et al. 2012) e a utilização de leguminosas arbustivas como cercas vivas (FRANCO, 1988; RIBASKI et al., 2003; MIRANDA & VALENTIM, 1998).

Entretanto, a adoção de algumas leguminosas nos sistemas de produção de ruminantes geralmente é limitada pela falta de conhecimento do manejo adequado que permita sua persistência no dossel (QUERO et al., 2007; DO VALLE et al., 2009).

O Calopo (*Calopogonium mucunoides* Desv.) foi considerado uma leguminosa promissora para o consórcio com gramíneas forrageiras (COSTA, 1995). Em ambientes tropicais, ela ocorre naturalmente, competindo com gramíneas e outras leguminosas forrageiras (MIRANDA et al., 1992), e inibindo as plantas espontâneas (TEODORO et al., 2011).

A leguminosa possui reprodução sexuada baseada na alta produção de sementes, chegando a mais de 800 kg ha⁻¹ (PIZARRO et al., 1996). Apresenta boa cobertura do solo e promove a FBN em torno de 81 kg ha⁻¹ (SEIFFERT et al., 1985) além de ser pouco aceita por animais em pastejo, o que lhe confere maior sobrevivência em sistemas pastoris (CADISCH et al., 1994; EUCLIDES et al., 1998; CARVALH e PIRES, 2008).

Essas características permitem ao Calopo, dentro dos pastos consorciados incrementos de 40 % na produção de massa forrageira (CADISCH et al., 1994), 16 % no conteúdo de proteína bruta das gramíneas (*Brachiaria decumbens* e *B. brizantha*) e 15 % para o ganho de peso individual e por unidade de área (EUCLIDES et al., 1998).

Contudo, os resultados das pesquisas com Calopo não são conclusivos. Foram evidenciadas baixa resiliência do Calopo submetido a corte frequente quando comparado às outras leguminosas forrageiras tropicais (SILVA et al., 2010) e à dificuldade em manter consórcios produtivos e duradouros (SEIFFERT et al., 1985; EUCLIDES et al., 1998; ANDRADE et al., 2015). Tampouco houve resposta na produção da *Brachiaria decumbens* (Stapf.) consorciada com a leguminosa (MARTUSCELLO et al., 2011).

A pouca palatabilidade do Calopo foi considerada por Cadisch et al. (1994) um atributo positivo para melhorar o desenvolvimento das leguminosas volúveis nos consórcios. Recentemente, os curtos períodos de descanso (90-95 % de interceptação luminosa pré-pastejo) foram indicados como medida de manejo para favorecer a proporção de Amendoim forrageiro na composição botânica do consórcio com Marandu (GOMES et al., 2018).

Longos períodos de descanso das pastagens favorecem as condições para maior acúmulo de massa de gramíneas em detrimento do desenvolvimento e persistência das leguminosas (GOMES et al., 2018). Além disso, elevado acúmulo de massa forrageira

levaria a uma maior severidade de desfolha, diminuindo a recuperação do dossel e consequentemente, a ciclagem de nutrientes devido às alterações (quantidade e qualidade) na deposição de serrapilheira após o pastejo.

Quando a intensidade do pastejo é elevada, a rota principal de ciclagem ocorre por meio de fezes e urina, sendo menos eficiente, pois sua distribuição não uniforme e elevada concentração de elementos levam a maiores perdas. Ao contrário, quando a via de retorno dos nutrientes ocorre pela deposição de serrapilheira, o benefício é mais perdurável e homogêneo (REZENDE et al., 1999).

A intensidade de pastejo pode afetar a composição botânica do dossel e o tipo de serrapilheira depositada (CANTARUTTI et al., 2002). Nos pastos mistos, as leguminosas favorecem a deposição de serrapilheira de menor relação C:N, beneficiando os processos de mineralização de N no solo (CADISCH et al., 1994; BODDEY et al., 2004; SILVA et al., 2012; VENDRAMINI et al., 2014). Contudo, uma proporção entre 20 e 45 % de leguminosa na composição botânica do dossel é necessária para garantir a incorporação sensível de N ao sistema (ANDRADE et al., 2015).

Devido ao seu crescimento volúvel (SEIFFERT et al., 1985), que pode ser aumentado pelas desfolhações pouco frequentes, o Calopo pode ocupar a parte superior do dossel forrageiro, interceptar a luz incidente e causar problemas para a produção da gramínea. Para tanto, estudos sobre a utilização das características estruturais e a incidência de luz sobre o dossel forrageiro pode ser uma alternativa para alcançar o manejo correto dessa leguminosa quando em consórcio.

O uso da interceptação luminosa (IL) como ferramenta na interrupção do descanso das pastagens tropicais vem sendo estudada desde a década de 1990 (CLAVERO, 1993). No Brasil, foram publicados vários trabalhos adotando a técnica em pastagens solteiras de gramíneas forrageiras tropicais (FAGUNDES et al., 1999; BARBOSA et al., 2007; TRINIDADE et al., 2007; PEDREIRA et al., 2009; EUCLIDES et al., 2014). No entanto, poucos trabalhos foram publicados utilizando este conceito em pastos consorciados, sendo mais comuns trabalhos contendo o Amendoim forrageiro (PEREIRA et al., 2017; GOMES et al., 2017).

Uma composição botânica adequada, 20-45 % de leguminosa na massa forrageira, foi encontrada quando o dossel misto de amendoim forrageiro e Marandu foi mantido a 20 cm de altura. A altura do dossel de 10 cm levou à participação majoritária

de leguminosa na massa vegetal. Contudo, a altura de 30 e 40 cm teve como consequência o alongamento dos perfilhos da leguminosa e pouca densidade deles (TAMELE et al., 2017). Pereira et al. (2017) reportou no mesmo consórcio, efeito similar na densidade e comprimento dos perfilhos quando a interrupção no descanso do dossel aproximou-se a 100 % de IL, recomendando para tal fim, alturas de colheita entre 26 e 32 cm correspondentes a 90 e 95 % IL, respectivamente. Gomes et al. (2018) pela sua parte recomendou as mesmas intercepções para o consórcio mencionado, mas com ligeira diminuição na altura pré-pastejo a 24 e 30 cm, porque além de ter equilíbrio na composição botânica, otimizou-se o consumo de matéria seca e eficiência de uso do N consumido por novilhas Zebu.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. M. S. de; FERREIRA, A. S.; CASAGRANDE, D. H. Uso de leguminosas em pastagens: potencial para consórcio compatível com gramíneas tropicais e necessidades de manejo do pastejo. In: **Simpósio sobre Manejo da Pastagem**, 27., 2015, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2015. p. 113-151
- BARBOSA, Rodrigo Amorim et al. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 329-340, 2007.
- BODDEY, R.; MACEDO R.; TARRE, R.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O.; REZENDE, C.; CANTARUTTI, R.; PEREIRA, J.; ALVES, B.; 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.
- BROUGHAM, R. W. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. **Australian journal of agricultural research**, v. 7, n. 5, p. 377-387, 1956.
- CADISCH, G.; SCHUNKE, R. M.; GILLER, K. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. **Tropical grasslands**, v. 28, p. 43-52, 1994.
- CANTARUTTI, R B; TARRÉ, R M; MACEDO, R; CADISCH, G; REZENDE, C D P; PEREIRA, J M; BRAGA, J M; GOMIDE, J A; FERREIRA, E; ALVES, B J R; URQUIAGA, S; BODDEY, R M. The effect of grazing intensity and the presence of a forage legume on nitrogen dynamics in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.64, p.257-271, 2002.
- CARVALHO, G. G.; PIRES, A. J. Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, n. 1, p. 103-113, 2008.

CLAVERO, T. Efecto de la defoliación sobre el crecimiento, área foliar e intercepción de luz en pastos tropicales. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 10, n. 1, 1993

COSTA, N. Adubação nitrogenada e consorciação de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon) com leguminosas forrageiras tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 401-408, 1995.

DO VALLE, C.; JANK, L.; RESENDE, R. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Ceres**, v. 56, n. 4, 2009.

DONALD, C. M. The interaction of competition for light and for nutrients. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 4, p. 421-435, 1958.

EUCLIDES, V. et al. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. **Ceres**, v. 61, n. 7, p. 808-818, 2014

EUCLIDES, V. P., et al. Produção de bovinos em pastagens de *Brachiaria* spp. consorciadas com *Calopogonium mucunoides* nos cerrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 2, p. 238-245, 1998.

FAGUNDES, J.; SILVA, S.; PEDREIRA, C.; SBRISSIA, A.; CARNEVALLI, R.; CARVALHO, C.; PINTO, L. Índice de área foliar, interceção luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob diferentes intensidades de pastejo. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1141-1150, 1999.

FRANCO, A. Uso de *Gliricida sepium* como moirão vivo. **Embrapa Agrobiologia- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 1988.

GOMES, F. et al. 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.

MARTUSCELLO, J. A., et al. Produção de biomassa e morfogênese do capim-braquiária cultivado sob doses de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 4, 2011.

MENEZES, R. C.; ALVES, E. B.; CASAGRANDE, D. R.; LARA, M. A. S.; EVANGELISTA, A. R.; BERNARDES, T. F. Xaraés palisadegrass remains productive after the disappearance of stylo in tropical legume-grass pasture. **Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)**, Piracicaba, v. 72, n. 6, p. 484-488, 2015.

MIRANDA, C. H.; ZANELLA, C.; SCHUNKE, R. M. Competição entre espécies nas consorciações de *Calopogonium mucunoides*; *Centrosema acutifolium* e *Brachiaria decumbens* STAPF. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 6, p. 851-856, 1992.

MIRANDA, E.; VALENTIM, J. Estabelecimento e manejo de carcas vivas com espécies arbóreas de uso múltiplo. **EMBRAPA-CPAF Acre**, 1998.

PEDREIRA, B.; PEDREIRA, C. G.; SILVA, S. C. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 618-625, 2009.

PEREIRA, J.; GOMES, F.; OLIVEIRA, M.; LARA, M.; BERNARDES, T.; CASAGRANDE. 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.

PIZARRO, E.A.; RAMOS, A.K.B.; CARVALHO, M.A. Potencial forrajero y producción de semillas de accesiones de *Calopogonium mucunoides* preseleccionadas en el Cerrado brasileño. **Pasturas Tropicales**, v.18, n.2, p. 9-13, 1996.

QUERO, A.; ENRÍQUEZ J.; MIRANDA L. Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o status quo. **Interciencia**, v. 32, n. 8, p. 566-571, 2007.

REZENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R. M.; MACEDO, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K. E.; BODDEY, R. M. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Bonn, v. 54, n. 2, p. 99-112, 1999

RIBASKI, J. Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) árvore de múltiplo uso no Brasil. **Embrapa Florestas-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2003

RÍOS-DE ÁLVAREZ, L. et al. Direct anthelmintic and immunostimulatory effects of oral dosing semi-purified phytohaemagglutinin lectin in sheep infected with *Teladorsagia circumcincta* and *Trichostrongylus colubriformis*. **Veterinary parasitology**, v. 187, n. 1-2, p. 267-274, 2012.

SEIFFERT, N.; ZIMMER, A.; SCHUNKE, R.; BEHLING-MIRANDA, C. Reciclagem de nitrogênio em pastagem consociada de *Calopogonium mucunoides* com *Brachiaria decumbens*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 5, p. 529-544, 1985.

SILVA, H.; DUBEUX J.; DOS SANTOS M.; LIRA M.; LIRA JR. M.; MUIR J. Signal grass litter decomposition rate increases with inclusion of calopo. **Crop science**, v. 52, n. 3, p. 1416-1423, 2012.

SILVA, V. J. et al. Características morfológicas e produtivas de leguminosas forrageiras tropicais submetidas a duas frequências de corte. **R. Bras. Zootec**, v. 39, n. 1, p. 97-102, 2010.

TAMELE, O.; LOPES DE SÁ, O.; BERNARDES, T.; LARA, M.; CASAGRANDE, D. Optimal defoliation management of brachiaria grass–forage peanut for balanced pasture establishment. *Grass and Forage Science*. p 1–10, 2017.

TEODORO, R. B. et al. Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 292-300, 2011.

THOMAS, R. J. et al. The role of pastures in production systems. **Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Pastures for the tropical lowlands. Cali, Colombia**, p. 121-144, 1992.

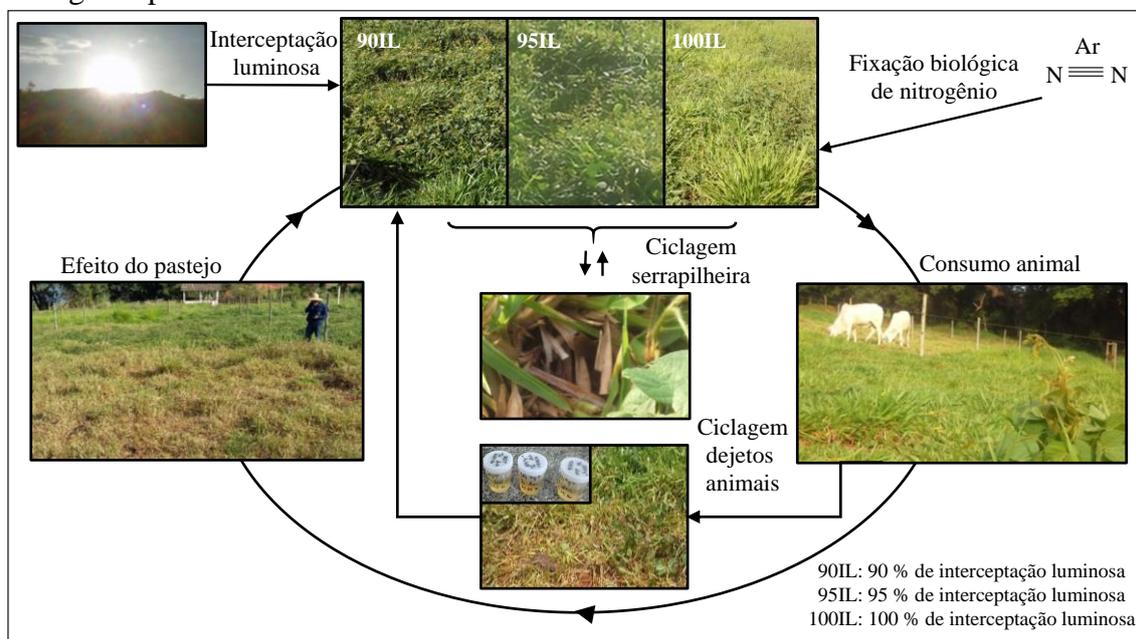
TRINDADE, J. K. et al. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 6, p. 883-890, 2007.

VENDRAMINI, J.; DUBEUX JR, J; SILVEIRA M. Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, 2014

Respostas agronômicas, morfológicas e ciclagem de nitrogênio em pastos consorciados de Marandu e Calopo em função de manejos da desfolhação

Elaborado por **Luis Depablos** e orientado por **Daniel Casagrande**

O propósito do estudo foi avaliar diferentes estratégias da desfolhação (90IL, 95IL, 100IL) do consórcio de Marandu e Calopo sob o reestabelecimento da leguminosa no dossel e a ciclagem de nitrogênio. Os manejos tiveram períodos de descanso variáveis baseados na interceptação luminosa do dossel. A altura pós-pastejo foi 15 cm. Foram médias no pré e pós-pastejo as alturas do dossel, as quantidades de gramínea e leguminosa e dentro delas o material verde, morto, folhas, colmos/caules, os números de plantas e ramos de Calopo, a localização vertical no dossel e a área das folhas das espécies forrageiras estudadas, a quantidade e tipo de serrapilheira depositada, a taxa de lotação, o consumo animal, e a deposição de dejetos animais. Todas as estratégias de desfolhação tiveram sucesso moderado no restabelecimento do Calopo no dossel consorciado com Marandu. Porém, pastejos de mediana frequência proporcionaram as melhores condições para o desenvolvimento e manutenção do Calopo, sem afetar as características desejáveis da gramínea. Como a persistência do Calopo depende do surgimento de novas plantas, uma medida dentro do manejo seria favorecer a semeadura natural, necessitando definir os períodos de seu florescimento, para vedar a pastagem e permitir a formação e deiscência de sementes. Contudo, só a semeadura natural não consegue o reestabelecimento da leguminosa, sendo necessária a ressemeadura. Independentemente da estratégia de desfolhação, sistemas consorciados de Marandu e Calopo pastejados com taxas de lotação fluando entre 2,35 e 3,14 UA ha⁻¹ obtiveram um balanço de nitrogênio positivo.



90IL: 90 % de interceptação luminosa como parâmetro de interrupção do descanso. Pastejos mais frequentes.

95IL: 95 % de interceptação luminosa como parâmetro de interrupção do descanso. Pastejos de frequência média.

100IL: 100 % de interceptação luminosa como parâmetro de interrupção do descanso. Pastejos pouco frequentes.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1 - MANEJO DE PASTOS CONSORCIADOS DE MARANDU COM CALOPO EM FUNÇÃO DA INTERCEPTAÇÃO LUMINOSA DO DOSSEL

RESUMO

Objetivou-se, determinar estratégias de desfolhação com base na interceptação luminosa de dosséis mistos de *Brachiaria brizantha* e do *Calopogonium mucunoides*, com a finalidade de favorecer o restabelecimento da leguminosa no dossel. O experimento foi conduzido em Lavras, Brasil. O consórcio foi estabelecido no verão de 2012. O experimento teve duração de 749 dias, divididos em seis períodos. Em outubro de 2014 foram impostas as três estratégias de desfolhação (ED); período de descanso interrompido a 90% (90IL), 95% (95IL) e 100% (100IL) de interceptação luminosa (IL). Na estação seca, os tratamentos não atingiram a IL pré-determinada, portanto não foram avaliados. O método de lotação utilizado foi intermitente, com descanso variável com os tratamentos e ocupação de três dias. A altura residual para todos os tratamentos foi de 15 cm. O pastejo foi realizado por novilhas Zebu. Semanalmente, em cada piquete, para se estimar a IL, foram tomadas 10 leituras de referência e 100 leituras abaixo do dossel, com o analisador de dossel. Leituras médias superiores a 97,5% foram considerados 100IL. Foram avaliadas pré e pós-pastejo, a composição botânica e características estruturais (altura do dossel; AD, índice de área folhar; IAF, massa de forragem; MF), distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos do dossel, as variáveis morfogênicas e o padrão demográfico do Calopo. Foi utilizado um delineamento de blocos casualizados, considerando período como a medida repetida no tempo. A ED e período foram efeitos fixos, enquanto bloco foi aleatório. Prévio ao experimento a MF de 4694 kg MS ha⁻¹ teve 37% de leguminosa. As IL pré-pastejo foram 90,4; 95,1 e 98,2% IL para 90IL, 95IL e 100IL e no pós-pastejo, 100IL teve o menor valor apesar da interação ED e período (P<0,002). Houve interação ED e período (P<0,017) sobre a AD, aumentando no 100IL as AD pré e pós-pastejo com o avançar do experimento. A MF pré-pastejo incrementou-se na medida em que os pastejos foram menos frequentes (P<0,015), mas diminuiu com o avanço do experimento (P<0,001). Sempre houve maior MF pós-pastejo no 90IL. Independente da ED, as massas de leguminosa pré e pós-pastejo aumentaram do início ao final do período experimental. Na composição botânica, a massa de leguminosa foi 6,6, 6,6, 3,3% para 90IL, 95IL e 100IL. Contrariamente à leguminosa, que se posicionou no topo do dossel, a maior proporção de gramínea se achou até 50% da AD. O IAF pré-pastejo de leguminosa aumentou conforme avançou o experimento, ao contrário o IAF de gramínea, diminuiu. No pós-pastejo o IAF de gramínea foi inferior no 100IL. No início do experimento existiram variações no número de plantas, mas no decorrer do experimento, todas as estratégias ficaram com igual número de plantas, ainda que no 100IL se apresentaram mais compridas e menos ramificadas. As maiores taxas de lotação (4,5 UA ha⁻¹) não coincidiram com a maior MF, devido ao novo arranjo do dossel consorciado. Todas as estratégias de desfolhação tiveram sucesso moderado no reestabelecimento do Calopo no dossel consorciado com Marandu. Porém, pastejos de mediana frequência (95IL) proporcionaram melhores condições para o mediano desenvolvimento e manutenção do Calopo, sem afetar as características desejáveis da gramínea.

Palavras-chave: pastejo, composição botânica, sementeira, dossel misto

MANAGEMENT OF MIXED CANOPIES OF MARANDU WITH CALOPO BASED ON THE CANOPY LIGHT INTERCEPTION

ABSTRACT

The objective of this study was to determine defoliation strategies based on light interception of mixed canopies of *Brachiaria brizantha* and *Calopogonium mucunoides* with the purpose of favoring the reestablishment of the legume in the canopy. The experiment was conducted in Lavras, Brazil. The mixed pasture was established in the summer of 2012. The experiment lasted 749 days divided into six periods starting in October 2014 and the three defoliation strategies (DS) were imposed; Interrupted rest period of 90% (90LI), 95% (95LI) and 100% (100LI) of light interception (LI). In the dry season the treatments did not reach the pre-determined LI, therefore they were not evaluated. Intermittent stocking was used, with variable rest according to the treatments and occupation for three days. The residual height for all treatments was 15 cm. Grazing was performed by Zebu heifers. To estimate LI on each paddock 10 reference readings and 100 readings below the canopy were taken weekly with a canopy analyzer. Average readings above 97.5% were considered 100LI. The botanical composition and structural characteristics (canopy height; CH, leaf area index; LAI, and forage mass, FM), vertical distribution of the botanical and morphological components of the canopy and the morphogenic variables and the demographic pattern of Calopo were evaluated before and post-grazing. A randomized complete block design was used, considering period as the measure repeated in time. The DS and period were fixed effects while block was random. Before the experiment the FM of 4694 kg DM ha⁻¹ had 37% legume. LI pre-grazing were 90.4; 95.1 and 98.2% LI to 90LI, 95LI and 100LI and in post-grazing, 100LI had the lowest value despite the interaction of the DS and period ($P < 0.002$). There was an interaction of the DS and period ($P < 0.017$) on CH, increasing the pre and post grazing CH in the 100IL as the experiment progressed. Pre-grazing FM increased as the grazing was less frequent ($P < 0.015$) but decreased as the experiment progressed ($P < 0.001$). There was always greater post-grazing FM in 90IL. Independent of DS, pre- and post-grazing legume masses increased from the beginning to the end of the experimental period. In the botanical composition the legume mass was 6.6, 6.6, 3.3% for 90LI, 95LI and 100LI. In contrast to the legume, which was positioned at the top of the canopy, the highest proportion of grass was found up to 50% of the CH. The pre-grazing LAI of legume increased as the experiment progressed, whereas the grass LAI decreased. In the post-grazing the grass LAI was lower in the 100IL. At the beginning of the experiment there were variations in the number of plants but as the experiment advanced, all the strategies were with equal number of plants, although in the 100IL they were longer and less branched. The highest stocking rates (4.5 AU ha⁻¹) did not coincide with the highest FM, due to the new arrangement of the mixed canopy. The defoliation strategies had moderate success in reestablishing Calopo in the Marandu intercropped canopy. However, grazing at medium frequency and intensity (95LI) provided better conditions for the development and maintenance of Calopo without affecting the desirable characteristics of the grass.

Key words: grazing, botanical composition, sowing, mixed canopy

INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira precisa de enfoques sustentáveis que aumentem a produtividade dos sistemas a pasto. Os dosséis consorciados oferecem uma alternativa sob essa premissa (ANDRADE et al., 2015; CARDOSO et al., 2016). Pesquisas desenvolvidas com pastos mistos demonstraram as vantagens com o uso de leguminosas e a infinidade de recursos genéticos tropicais para tal fim (CANTARUTTI et al., 2002; BODDEY et al., 2015). Entre as leguminosas tropicais, o Calopo possui características interessantes para o uso consorciado com gramíneas, tais como rápido estabelecimento e produção comercial de sementes (SEIFFERT et al., 1985; MIRANDA et al., 1992; TEIXEIRA et al., 2010).

O uso de Calopo em pastos mistos com gramínea pode proporcionar fixação biológica de nitrogênio entre 48 e 81 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ (SEIFFERT et al., 1985; COSTA et al., 1995), aumento na produção de forragem (entre 25 e 40 %; SEIFFERT & ZIMMER 1988; CADISCH et al., 1994) e pelo menos 15 % a mais na concentração de nitrogênio da gramínea, além de ganho de peso individual quando comparado às pastagens solteiras (EUCLIDES et al., 1998). Contudo, a maior limitação do Calopo em pastos mistos é a baixa persistência, com redução acentuada de sua participação na composição botânica do dossel no segundo ano após implantação (SEIFFERT & ZIMMER 1988; EUCLIDES et al., 1998).

A baixa aceitabilidade é outro atributo positivo específico do Calopo para se consorciar com gramíneas, porque diminui a probabilidade de sua desfolha (CARVALHO e PIRES, 2008) mesmo sendo uma planta volúvel (SEIFFERT et al., 1985; MIRANDA et al., 1992) que vai para o topo do dossel, especialmente quando a desfolhação é pouco frequente.

Desfolhas pouco frequentes promovem o alongamento de colmo das gramíneas tropicais (CÂNDIDO et al., 2005; GOMIDE & GOMIDE, 2013). Sob esta condição, o Calopo no consórcio exacerba o crescimento volúvel, indo ao topo do dossel para competir com a gramínea pela interceptação de luz. Não obstante, como consequência dessa adaptação fenotípica, a leguminosa incrementará sua vulnerabilidade ao pastejo (pisoteio principalmente), afetando possivelmente sua participação na composição botânica do consórcio inclusive, antes da floração e sementeira natural.

O Calopo não possui propagação clonal e apresenta comportamento semiperene, desaparecendo quase por completo do dossel nas secas, e, portanto, o processo de

semeadura natural é crucial para que forme parte do consócio novamente (FONSECA e MARTUSCELLO, 2010; TEIXEIRA et al., 2010). Assim, faz-se necessário definir estratégias de desfolhação para promover a participação do Calopo na composição botânica do dossel, sendo que a mesma é primordial para, posteriormente, garantir a semeadura natural e, conseqüentemente, favorecer a compatibilidade do consócio ao longo do tempo.

A frequência e intensidade do pastejo são dois processos que interagem como estratégias de desfolhação e definem as repostas morfológicas e estruturais das plantas que conformam o dossel. A frequência de pastejo baseada na interceptação luminosa (IL) do dossel tem tido sucesso na produção vegetal e animal das gramíneas tropicais em monocultivo desde muito tempo (BARBOSA et al., 2007; TRINIDADE et al., 2007; PEDREIRA et al., 2009; EUCLIDES et al., 2014). Recentemente, consórcios de capim Marandu e Amendoim forrageiro responderam satisfatoriamente ao manejo entre 90 e 95 % de IL como parâmetro de interrupção do descanso, aumentando a taxa de acúmulo de forragem, estabilidade do consócio, consumo de forragem e valor nutricional da dieta (PEREIRA et al., 2017; GOMES et al., 2018).

Dessa forma, hipotetizou-se que pastejos mais frequentes do consócio de gramínea e Calopo permitiriam a manutenção da leguminosa em uma proporção botânica adequada no consócio, o sucesso de sua semeadura natural e portanto, a persistência do dossel.

Objetivou-se, ainda, com este estudo, determinar estratégias de desfolhação com base na interceptação luminosa de dosséis misto de *Brachiaria brizantha* Hochst ex A. Rich Stapf cv. Marandu e do *Calopogonium mucunoides* (Desv.) cv. Comum, com a finalidade de favorecer o reestabelecimento da leguminosa no dossel.

MATERIAL E MÉTODOS

O procedimento experimental do presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso Animais da Universidade Federal de Lavras CEUA/UFLA (Protocolo N° 051/15)

Local do experimento

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG, localizada a 21°13'51,73'' de latitude sul, 44°58'10,47'' de longitude oeste e 911 m de altitude. O clima, na classificação de Köppen, é definido como Cwa mesotérmico úmido subtropical de inverno seco (SÁ JUNIOR, et al., 2012). Dados climáticos foram obtidos em uma estação meteorológica, distante 750 m da área experimental (Figura 1).

A pastagem mista foi estabelecida no verão de 2012. A semeadura de capim Marandu e Calopo foi conjunta com 7,0 e 6,3 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis, respectivamente. Da implantação até o inverno de 2014 a área experimental foi manejada com pastejo em lotação tipo "mob stocking". Nesse período, toda área experimental foi manejada de forma semelhante, com a finalidade do Calopo completar o ciclo de vida e produzir semente. Assim, na fase pré-experimental, outono e inverno de 2014, o dossel foi monitorado com relação à massa, composição botânica e produção de sementes.

O período experimental iniciou-se em 03 de outubro de 2014 com duração de 749 dias. As avaliações realizadas neste intervalo foram divididas em seis períodos em função das condições ambientais (temperatura e precipitação) para o crescimento vegetal. O primeiro (03/10/2014-06/03/2015, com duração de 154 dias) e o quarto (03/11/2015-15/03/2016, com duração de 133 dias) ocorreram durante a estação chuvosa e aqui são chamados de CH1 e CH2, respectivamente. O segundo (07/03/2015-30/06/2015, com duração de 115 dias) e quinto (16/03/2016-18/07/2016, com duração de 124 dias) ocorreram na transição chuva-seca e aqui são chamados de T1 e T2, respectivamente. O terceiro (01/07/2015-02/11/2015, com duração de 124 dias) e o sexto (19/07/2016 - 26/10/2016, com duração de 99 dias) ocorreram durante a estação seca de cada ano. Nas avaliações da estação seca, os dosséis não atingiram as metas de desfolhação pré-determinadas nos tratamentos, portanto, não foram incluídas nas análises estatísticas.

O solo da área experimental foi classificado Latossolos Vermelhos Distróficos argissólicos (EMBRAPA, 2018). As características do solo da área experimental em setembro de 2014 foram pH = 6,2, matéria orgânica = 4,6 %, P = 1,13 mg dm⁻³, K⁺ = 66 mg dm⁻³, Ca²⁺ = 3,0 cmol_c dm⁻³, Mg²⁺ = 1,0 cmol_c dm⁻³, H + Al = 2,59 cmol_c dm⁻³,

$Al^{3+} = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, Capacidade de troca catiônica a pH 7,0 = $6,76 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e soma de bases = $4,17 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Desde a implantação dos tratamentos, cada ano, no início das chuvas, independente da condição de crescimento dos dosséis, todos os piquetes foram pastejados até a altura do resíduo. Após a saída dos animais, realizou-se adubação de manutenção com superfosfato simples, cloreto de potássio e micronutrientes, correspondendo a doses de 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 53 kg ha^{-1} de K_2O , 38 kg ha^{-1} de Ca, $1,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de S, $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de B, $0,25 \text{ kg ha}^{-1}$ de Cu, $0,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mn, $0,03 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mo, e $2,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de Zn.

Tratamentos e manejo experimental

Em outubro de 2014 foram impostas as estratégias de desfolhação. Nessa ocasião, a pastagem foi dividida em 12 piquetes (unidades experimentais) contendo cada bebedouro e cocho de sal. Os tratamentos foram três estratégias de desfolhação; interrupção do período de descanso quando o dossel atingiu 90 % (90IL), 95 % (95IL) e 100 % (100IL) de interceptação luminosa. Em todos os tratamentos, a altura do resíduo proposta foi de 15 cm. O tamanho dos piquetes foi de 540, 480 e 450 m^2 para 90IL, 95IL e 100IL, respectivamente.

O método de lotação utilizado foi intermitente, com períodos de descanso variando de acordo com os tratamentos e períodos de ocupação de três dias. O pastejo foi realizado por novilhas da raça Tabapuã, com peso corporal de $254 \pm 52 \text{ kg}$. A cada 45 dias as novilhas foram pesadas e o peso corporal convertido para unidade animal (UA=500 kg; ALLEN et al., 2011).

Avaliações experimentais

Interceptação de luz incidente e altura do dossel forrageiro

A mensuração da IL e da altura do dossel (AD) foram realizadas semanalmente durante todo o período experimental. Quando a IL estava próxima à meta estabelecida, a frequência dos monitoramentos aumentou para duas vezes por semana. Leituras repetidas superiores a 97,5 % foram consideradas 100 % de IL devido à impossibilidade prática de se atingir esse valor (PEDREIRA et al., 2007). Foi utilizado o aparelho analisador de dossel LAI-2200 (LI-COR[®], Lincoln Nebraska, EUA). As medições foram realizadas, aleatoriamente nas pastagens, totalizando 10 leituras de referência e

100 leituras abaixo do dossel em cada piquete. Para se estimar a AD foram medidos 100 pontos aleatórios no topo do dossel em cada piquete, utilizando-se “sward stick” (BARTHAM, 1985). Quando os tratamentos atingiam a meta de IL estabelecida, mensurava-se a AD e IL de forma concomitante e imediata, antes da entrada e após a saída dos animais de cada piquete.

Massa e Taxa de Acúmulo de Forragem

A massa de forragem foi mensurada no início e no final dos períodos de rebrotação (pré e pós-pastejo) por meio do corte ao nível do solo de toda a forragem contida no interior de três molduras retangulares de 0,5 m² (0,5 x 1,0 m), localizadas em áreas representativas das condições médias do dossel (AD e composição botânica). Após a colheita, a forragem foi pesada fresca e realizadas as separações botânica e morfológica que posteriormente. Foram secadas a 55°C em estufa de ventilação forçada de ar por 72 horas e pesadas. A massa de forragem verde (MF) de cada componente botânico foi considerada a soma da massa seca de folha e colmo para gramínea e folha e caule para leguminosa.

As taxas de acúmulo de gramínea, de leguminosa e taxa de acúmulo total (gramínea + leguminosa) foram calculadas pela divisão dos acúmulos de forragem total no nível do solo pelo número de dias de descanso. O acúmulo de forragem foi quantificado pela diferença entre a MF existente na condição de pré-pastejo e a MF pós pastejo, colhida no ciclo anterior.

Distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos no dossel

A MF dos diferentes componentes botânicos e morfológicos foi avaliada em 4 estratos da AD na condição pré-pastejo. O primeiro estrato (0-25 %) foi o mais próximo ao nível do solo, o segundo de 25 % a 50 %, o terceiro de 50 % a 75 %, e o quarto (75 % a 100 %) no topo do dossel forrageiro (TAMELE et al., 2017). Foram registradas 120 leituras por piquete, utilizando-se o método do ponto inclinado, que consiste no registro dos diferentes componentes morfológicos de cada espécie no perfil vertical do dossel, por meio da inserção de uma barra graduada, com inclinação de 32,5° (WARREN-WILSON, 1960; LACA & LEMAIRE, 2000). Para determinar a porcentagem de MF por estrato, a frequência obtida das 120 leituras de cada componente botânico e

morfológico de cada estrato foi multiplicada pela respectiva massa do piquete no momento da medição.

Índice de área foliar

O índice de área foliar (IAF) foi estimado por meio da área foliar específica e a massa dos componentes foliares da gramínea e da leguminosa. Para obtenção da área foliar específica ($\text{cm}^2 \text{ g MS}^{-1}$), foram selecionados três pontos representativos das condições médias de altura e composição botânica do dossel. Todo o material vegetal foi colhido dentro de três molduras retangulares, com área de $0,15 \text{ m}^2$ ($0,5 \times 0,3 \text{ m}$) cada. Dessas amostras, foram separadas as lâminas foliares da gramínea e os folíolos da leguminosa, subamostradas e passadas em um integrador de área foliar, modelo LAI 3100 (LI-COR[®], Lincoln Nebraska, EUA). Posteriormente, as lâminas foliares e folíolos totais e subamostrados foram secos em estufa de ventilação forçada de ar a 55°C por 72 horas e pesadas.

Variáveis morfogênicas e estruturais do Calopo

Durante as chuvas e transição do segundo ano foram selecionados e identificados 12 ramos de Calopo em cada piquete. Semanalmente, foram mensurados o comprimento total do ramo, número de nós, comprimento e largura dos folíolos e senescência. Com base nesses dados, foi possível calcular as taxas de alongamento de folha, pecíolo e caule, taxas de senescência de folha e pecíolo, taxa de aparecimento de folha e filocrono. Também foi possível determinar o número médio e total de folhas vivas, o comprimentos médio do caule e dos entrenós, comprimentos máximos de caules e entrenós, área média e máxima da folha. A estimativa da área das folhas da leguminosa foi realizada segundo a equação proposta por Homem et al. (2017). Por fim, com os valores dos doze perfilhos mensurados, foram calculados os valores de um perfilho médio do dossel em cada piquete para ser usado nas análises estatísticas.

Padrão Demográfico da População do Calopo

Em cada piquete, foram fixadas no solo, três molduras retangulares de $0,5 \text{ m}^2$ ($1 \times 0,5 \text{ m}$) cada, com auxílio de ganchos de metal. Antes da amostragem da MF pré ou pós pastejo foram contados o número de plantas e ramos de Calopo em cada moldura. O

número de plantas e ramos foram quantificados como os números de pontos de enraizamento e de crescimento em cada planta, respectivamente.

Taxa de lotação

A taxa de lotação ($UA\ ha^{-1}$) foi calculada com a divisão da taxa de lotação instantânea de um piquete pelo número de piquetes idênticos estimados para completar um ciclo de pastejo (MENEZES et al., 2015). A taxa de lotação instantânea para esse determinado piquete ($UA\ ha^{-1}\ piquete^{-1}$) resultou da soma de todas as UA usadas no pastejo (animais teste e reguladores) entre a área do piquete. O número de piquetes idênticos estimados para completar o ciclo de pastejo foi estimado da divisão da duração de cada ciclo de pastejo (período de descanso mais período de ocupação) pelo período de ocupação. No cálculo do número de piquetes estimados, assume-se que as taxas de acúmulo de forragem são iguais durante o descanso nos piquetes estimados.

Análise Estatística

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três estratégias da desfolhação e quatro repetições com medidas repetidas no tempo (períodos). Os dados foram analisados utilizando o método de modelos mistos (LITTELL et al., 1996), por meio do procedimento MIXED do software SAS (SAS Institute, Cary NC). Foi utilizado o critério de Informação de Akaike corrigido (AICc) para a escolha da estrutura de covariância. As médias dos tratamentos foram estimadas por meio do “LSMEANS”, e a comparação entre elas foi realizada por meio da probabilidade da diferença (“PDIF”), usando o teste “t” de “Student”, com nível de 10 % de probabilidade.

O modelo utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + A_j + \gamma_{ij} + E_k + (AE)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} = Valor observado no i-ésimo bloco, do j-ésimo manejo da desfolhação, do k-ésimo período avaliado;

μ = Média geral;

B_i = Efeito aleatório associado ao i-ésimo bloco, $i = 1,2,3,4$;

A_j = Efeito fixo associado a j-ésimo manejo da desfolhação, $j = 1,2,3$;

γ_{ij} = Erro aleatório associado ao i-ésimo bloco no j-ésimo manejo da desfolhação.

E_k = Efeito fixo associado ao k-ésimo período avaliado, $k = 1,2,3,4$;

$(AE)_{jk}$ = Efeito da interação da j-ésimo manejo da desfolhação com o k-ésimo período avaliado;

ϵ_{ijk} = Erro aleatório associado ao i-ésimo bloco no j-ésimo manejo da desfolhação com o k-ésimo período avaliado (erro residual).

Para a distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos no dossel, foi adicionado ao modelo o fator estrato e suas interações.

RESULTADOS

Fase pré-experimental

No pré pastejo realizado no outono de 2014, as massas de gramínea (MG) e leguminosa (ML) foram 4877 e 3814 kg ha⁻¹, respectivamente. O que correspondeu a 44 % de leguminosa na massa de forragem. No pós-pastejo as MG e ML foram 512 e 3187 kg ha⁻¹, com participação de 86 % de Calopo na composição botânica. No pré-pastejo realizado no inverno de 2014, a MG e ML foram de 2970 e 1724 kg ha⁻¹, equivalendo a leguminosa a 37 % da composição botânica. No resíduo, as MG e ML foram 1821 e 1169 kg ha⁻¹ de MG e ML respectivamente, correspondendo a 39 % de leguminosa na MF. Em função do florescimento e semeadura natural do Calopo, ao final do inverno existiram 2153±1663 sementes m⁻² ao nível do solo.

Fase experimental

Interceptação da luz incidente e altura do dossel forrageiro

A IL pré-pastejo mensurada nos dosséis foi 90,4; 95,1 e 98,2 % IL para as estratégias de desfolhação de 90IL, 95IL e 100IL respectivamente (Tabela 1). As IL nos tratamentos 90IL e 95IL foram mantidas próximas da meta definida.

No pós-pastejo, houve interação da estratégia de desfolhação e dos períodos sobre a IL ($P < 0,002$; Tabela 1). Durante todo o experimento, no 100IL a IL-pós-pastejo sempre foi menor às outras estratégias. Nas CH1 e T1, a estratégia 90 IL obteve maior IL pós-pastejo em relação a 95IL, entretanto elas foram iguais na CH2. Ao contrário, na T2 o manejo 95IL superou os outros tratamentos.

Houve interação da AD pré-pastejo em função da estratégia de desfolhação e do período do ano ($P < 0,001$; Tabela 1). Entre os períodos, as AD pré-pastejo foram constantes em 90IL e 95IL (média de 21,5 e 25,8 cm respectivamente). No tratamento 100IL, a AD foi maior em relação aos demais tratamentos e aumentou de 30,6 para 41,0 cm com o avançar dos períodos experimentais.

A AD pós-pastejo foi afetada pela interação estratégia de desfolhação e dos períodos ($P < 0,017$; Tabela 1). Embora a meta de altura do resíduo fosse de 15 cm em todos os tratamentos, nos dosséis 100IL variou de 14,7 a 18,4 cm na CH1 e T2, respectivamente. Nas estratégias 90IL e 95IL, os incrementos na AD pós-pastejo foram apenas de 1,3 e 2 cm, respectivamente.

Massas e taxas de acúmulo de forragem

A MF na condição de pré-pastejo, foi afetada pela estratégia de desfolhação ($P < 0,015$) e período ($P < 0,001$ Tabela 2). O incremento na MF pré-pastejo em 90IL e 95IL foi de 664 kg ha⁻¹, menor que o obtido entre 95IL e 100IL de 935 kg ha⁻¹. A MF no 100IL foi 17 e 33 % maior que 95IL e 90IL, estando relacionada com a maior proporção de colmos na massa total (Tabela 4). A MF foi maior nos períodos CH1 e T1 (5688 e 6025 kg MS ha⁻¹), diminuindo 886 e 531 kg ha⁻¹ para cada período correlativo do ano seguinte (Tabela 2).

Houve interação da estratégia de desfolhação e do período ($P < 0,003$ Tabela 2) na MG. No início do experimento, CH1, as MG de 90IL e 95IL foram iguais e ambas menores em relação ao 100IL. Nas T1 e CH2 as MG de 90IL e 100IL foram diferentes, enquanto 95IL teve valor intermédio a ambas. Na T2 todas as estratégias se diferenciaram, aumentando a MG quanto maior foi o período de descanso. Na ML também houve interação em função da estratégia de desfolhação e do período ($P < 0,001$ Tabela 2), sendo que em nos períodos CH1, CH2 e T2 não houve diferenças na ML pelo manejo. Contudo, na T1 a ML da estratégia 95IL foi maior em relação a 90IL e 100IL (412,3 vs. 139,4 e 110,4 kg ha⁻¹).

No pós-pastejo houve interação da estratégia de desfolhação e do período sobre a MF e MG ($P = 0,006$ e $P = 0,005$ Tabela 3). Houve maior MF e MG pós-pastejo com estratégia de desfolhação mais frequente, sendo a relação MF pós-pastejo e MF pré-pastejo de 60, 48 e 37 %, nos tratamentos 90IL, 95IL e 100IL, respectivamente. Nos períodos chuvosos (CH1 e CH2) não houveram diferenças nas MF e MG pós-pastejo

pelo efeito da estratégia de desfolhação. As estratégias 90IL e 95IL obtiveram os maiores valores de MF e MG no resíduo nas T1 e T2, respectivamente. A ML no pós-pastejo variou apenas em função dos períodos do ano ($P = 0,004$ Tabela 3). Da CH1 para T2 houve incremento da ML pós-pastejo, passando de $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ para 366 kg ha^{-1} .

Na composição botânica houve interação da estratégia de desfolhação e período na condição pré-pastejo e pós-pastejo ($P < 0,001$ e $P = 0,011$ respectivamente; Tabelas 2 e 3). A relação ML/MF pré-pastejo foi igual nos dosséis manejados a 90IL, 95IL e 100IL durante nas chuvas, contudo nas T1 e T2 as estratégias 95IL e 90IL foram superiores. No pós-pastejo, só houve diferenças no T2, onde 90IL foi maior que 100IL e 95IL igual a ambas. Entre períodos, a ML/MF aumentou do início para o final do período experimental, tanto na condição de pré como pós-pastejo, o que indica recuperação da leguminosa no dossel misto, independente da estratégia de desfolhação adotada (Tabela 2 e 3).

Houve interação da estratégia de desfolhação e o período de estudo sobre as taxas de acúmulo total e de gramínea (Tabela 5). Na CH1, o 90IL apresentou maiores taxas de acúmulo total e de gramínea quando comparado com 95IL, sendo que 100IL foi igual a ambos. Pelo contrário, na T1 95IL foi superior a 90IL e 100IL teve igual comportamento. Na CH2 para ambas taxas, não houve efeito da estratégia de desfolhação. No T2, 95IL e 100IL tiveram igual taxa de acúmulo total, sendo superiores a 90IL. Nesse mesmo período, a taxa de acúmulo de gramínea foi diferente para todas as estratégias, aumentando quando o descanso era maior (Tabela 5). A taxa de acúmulo de leguminosa foi afetada pelo período. Na CH1 a taxa de acúmulo de Calopo foi menor ($-11,2 \text{ kg MS ha}^{-1}\text{d}^{-1}$), seguida de CH2 e T1 ($2,2 \text{ kg MS ha}^{-1}\text{d}^{-1}$ para cada um) que, por sua vez, foram inferiores a T2 ($10,5 \text{ kg MS ha}^{-1}\text{d}^{-1}$).

Distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos no dossel

A distribuição da MG foi afetada pelo estrato ($P < 0,001$). A maior proporção de MG se encontra nos estratos 0-25 % e 26-50 % (29 e 31 % da MG). Embora esse padrão da distribuição da MG seja mantido no transcorrer do experimento, ocorreram mudanças nas magnitudes das diferenças dentro dos períodos e estratégia da desfolhação, fato que origina a interação do período, estratégia de desfolhação e estrato ($P = 0,0061$; Figuras 2 e 3).

Houve da interação do período com estrato ($P = 0,0583$) na distribuição vertical da ML no dossel. Independente da estratégia de desfolhação, a ML vai aumentando conforme o estrato é mais elevado, sem diferenças entre períodos. Não obstante, no estrato superior, houve diferenças entre CH2 e T2 com 39 e 57 % da proporção da massa dessa planta (Figuras 2 e 3).

Índice de área foliar

O IAF pré-pastejo do dossel não foi afetado pela estratégia de desfolhação, período ou sua interação, com valor médio de 4,92 ($P = 0,213$). Porém, o IAF pré-pastejo da gramínea, foi afetado apenas período ($P = 0,040$), sendo que CH1 (5,10) e T1 (5,12) foram maiores a CH2 (4,06), ficando T2 numa posição intermediária (4,58) (Tabela 6). Quanto ao IAF pré-pastejo da leguminosa, houve interação em função da estratégia de desfolhação e do período ($P = 0,060$, Tabela 6). No início do experimento, o IAF pré-pastejo do Calopo foi igual entre as estratégias de desfolhação. Com o passar do tempo, houve desenvolvimento das plantas, de leguminosa e, com isso, aumento do IAF em todas as estratégias, mas em proporções distintas. Na T1, as estratégias 90IL e 100IL foram iguais e superiores que 95IL. No T2, 90IL e 95IL foram iguais e inferiores a 100IL.

O IAF pós-pastejo do dossel e da gramínea foram afetados apenas pela estratégia de desfolhação ($P < 0,001$, Tabela 6), sendo maiores nos tratamentos 90IL (1,81 e 1,60) e 95IL (1,50 e 1,35) quando comparados a 100IL (0,76 e 0,70). O IAF da gramínea correspondeu a 88,8, 90,0 e 92,1 % do IAF residual para 90IL, 95IL e 100IL, respectivamente. Houve interação da estratégia de desfolhação e do período ($P = 0,074$ Tabela 6) no IAF pós-pastejo da leguminosa. Do início do experimento até o final da CH2, o IAF residual de leguminosa foi igual em todos os tratamentos. No entanto, na última transição, foi maior quanto mais frequente era o pastejo. No T2, o IAF do Calopo correspondeu a 21 % do IAF do dossel, enquanto que nos demais períodos, a leguminosa foi responsável por apenas 4,2 %.

Demografia do *C. mucunoides*

Houve interação da estratégia de desfolhação e do período ($P = 0,050$ Tabela 7) sobre o padrão demográfico do Calopo no pré-pastejo. Somente na CH1 se apresentaram diferenças devidas ao manejo (72,4 vs. 11,7 e 20,2 plantas m^{-2} para 95IL,

90IL e 100IL, respectivamente). Entretanto as diferenças são reduzidas desde a T1, ficando todas as estratégias com igual número de plantas no decorrer do experimento, finalizando com 26,7, 37,2 e 22,4 plantas m² para 90IL, 95IL e 100IL, respectivamente.

Quanto à quantidade de ramos pré-pastejo por planta, houve interação em função da estratégia de desfolhação e do período ($P = 0,003$ Tabela 7). O número de ramos de Calopo foi constante entre os tratamentos durante os verões. Na CH1, houve o mesmo comportamento entre plantas e ramos ao ser considerada uma planta sem desenvolvimento igual a um ramo. Na CH2, as estratégias 90IL e 95IL (171,5 e 211,3 ramos) tiveram leguminosas mais ramificadas quando comparadas a 100IL (33 ramos).

No pós pastejo, houve interação do padrão demográfico da população de Calopo, em função da estratégia de desfolhação e do período ($P = 0,004$ Tabela 7). Observou-se maior variação na população de Calopo nos períodos do primeiro ano, estando o 100IL sempre dentro do grupo de estratégias de menor número de plantas (7,1 e 16,8 plantas m² para CH1 e T1, respectivamente). Os tratamentos 90IL e 95IL tiveram comportamento alternado durante CH1 e T1. No segundo ano a população diminuiu em todas as estratégias, porém foi mais estável e igual entre eles.

No pós-pastejo, houve interação da estratégia de desfolhação e período sobre o número de ramos de Calopo ($P = 0,028$ Tabela 7). Na CH1, foi observada a mesma relação do número de ramos com o número de plantas da condição de pré-pastejo. Nos períodos seguintes, as quantidades de ramos residuais foram sempre maiores quanto maior era a frequência de pastejo. Contrariamente, as leguminosas de consórcios manejados a 100IL foram menos ramificadas nos períodos T1 e CH2. No T2, todas as estratégias foram iguais nas ramificações da leguminosa.

Variáveis morfogênicas e estruturais do *C. mucunoides*

Os parâmetros morfogênicos da leguminosa foram afetados pela estratégia de desfolhação (Tabela 8). A taxa de aparecimento de folhas foi maior nos tratamentos 90IL e 95IL com valores superiores a 0,146 folha d⁻¹ enquanto 100IL atingiu 0,100 folha d⁻¹. As taxas de senescência de folhas (1,072 e 1,060 cm² d⁻¹) e pecíolo (0,228 e 0,232 cm d⁻¹) foram maiores nos tratamentos 95IL e 100IL quando comparadas com 90IL (0,255 cm² d⁻¹ e 0,073 cm d⁻¹). Os comprimentos médio e final de colmo, pecíolo e a área foliar, seguiram o mesmo padrão da senescência, sendo os tratamentos de menor frequência de pastejo iguais estatisticamente e responsáveis pelos maiores

valores. No caso do número final de folhas vivas, o maior e único valor diferente, foi para o manejo de 95IL com 7,65 folhas ramo⁻¹.

Período de descanso, taxa de lotação e taxa de lotação instantânea

Houve efeito da estratégia de desfolhação, período e sua interação sobre o período de descanso, taxa de lotação e taxa de lotação instantânea. Com exceção da T1, onde 95IL e 100IL tiveram igual descanso, na maioria dos períodos à medida que a IL como parâmetro de interrupção do descanso aumentou concomitantemente, incrementou-se os dias de descanso, com média geral de 42,9, 69,7 e 87 d para 90IL, 95IL e 100IL.

As maiores taxas de lotação e lotação instantânea nas CH1 e T1 corresponderam a 100IL. Na CH2, as menores taxas de lotação e lotação instantânea corresponderam a 95IL e 90IL, respectivamente. Na T2, todas as estratégias tiveram similar comportamento para ambas as variáveis.

DISCUSSÃO

Após 33 meses da formação do pasto, a composição botânica do dossel foi satisfatória. Como consequência da estacionalidade produtiva das espécies e da seletividade dos animais em pastejo, houve a diminuição pré-experimental nas massas, sendo que no inverno a MF foi 54 % da coletada em outono. Nesse período, a composição botânica do dossel também mudou, com a diminuição da participação do Calopo de 44 % para 37 %, mas ainda permaneceu dentro da proporção de 20 – 45 % da MF, recomendo para consórcios tropicais (ANDRADE et al., 2015). Entretanto, a ML reduziu até chegar a quase zero no início do experimento (Tabela 2), fato devido ao comportamento semiperene do Calopo nas secas (FONSECA e MARTUSCELLO, 2010) e que explica a taxa de acúmulo negativa para a leguminosa na CH1 (Tabela 5).

No início do experimento (CH1) começou o reestabelecimento do Calopo em função da semeadura natural, porém sua massa foi baixa (Tabela 2), já que as plantas, após emergência, tinham pouco desenvolvimento e nenhuma ramificação (Tabela 7). Na CH1, o número de plantas do pré e pós-pastejo foi diferente entre estratégias de desfolhação, produto da distribuição e germinação de sementes não controlada entre manejos da desfolhação já estabelecidos.

Após emergência (T1), a leguminosa começou a ter participação na composição botânica do dossel, mas sendo incipiente até o final do experimento, sem conseguir atingir a proporção recomendada. Só no final do experimento (T2), a estratégia 90IL obteve participação considerável da leguminosa no dossel (19 % da MF, Tabela 2). Andrade et al. (2015) reportaram que o consórcio de gramíneas com Calopo é pouco harmônico (menos de 20 % da leguminosa na composição botânica), fato também observado na presente pesquisa.

No início do segundo ano (CH2), o número de plantas da leguminosa diminuiu, contudo, elas cada vez mais tornaram-se maiores e mais ramificadas. Ao mesmo tempo, houve aumento na ML, que se relaciona diretamente com o desenvolvimento de poucas plantas estabelecidas no início do período experimental.

Em relação ao pré-pastejo, as proporções de plantas e ramos residuais foram 69, 58 e 39 % e 71, 51, e 47 % para 90IL, 95IL e 100IL, respectivamente. Pastejos mais frequentes afetam em menor proporção a população inicial de plantas e ramificações em dosséis mistos de Calopo. Entretanto, apesar da remoção de ML ser 83 % maior na estratégia 100IL vs. 90IL, parece que houve restauração em função do período de descanso mais longo.

Independente das estratégias de desfolhação, evidenciou-se com o avanço do experimento, que houve diminuição da MF pré-pastejo, ainda que as condições de interrupção do descanso (IL e AD) do dossel fossem as mesmas (886 kg a menos entre a CH1 e CH2 e 531 kg entre o T1 e T2), implicando em menor densidade da forragem do estrato pastejado que corresponde com a queda no crescimento da gramínea que não conseguiu ser atenuada pelo aumento no acúmulo de leguminosa, fato particular, porque quando se opta por IL como meta de manejo na interrupção do descanso do dossel, espera-se a colheita da forragem em similar condição morfofisiológica e estrutural (PEDREIRA et al., 2007; EUCLIDES et al., 2014).

No avançar do experimento, houve aumento da AD pré e pós-pastejo na estratégia de desfolhação 100IL, porque sob esse manejo, há alongamento de colmo nas gramíneas tropicais (GOMIDE et al., 2007; GOMIDE & GOMIDE, 2013). A maior AD com menor IAF residuais da estratégia 100IL é uma resposta comum em experimentos utilizando forrageiras tropicais com baixa frequência de desfolhação (TRINIDADE et al., 2007), já que ocorre uma modificação da estrutura do dossel (menor proporção de lâminas foliares e alongamento de colmos lignificados) que

impedem bocados mais profundos no perfil do dossel dificultando o consumo animal, ficando no pós-pastejo um dossel de maior altura, com perfilhos tipo vareta, de pouca IAF residual.

Como consequência da elevação da AD, a leguminosa deve modificar seu hábito de crescimento alongando o comprimento de caule (Tabela 8), colocando-se principalmente nos dois estratos superiores do dossel (Figuras 2 e 3) para competir pela radiação fotossinteticamente ativa, fato que foi observado em *Arachis pintoi* cv. Belmonte (TAMELLE et al., 2017). Segundo Black et al (2009), essa condição aumenta a probabilidade de desfolha das leguminosas. O conjunto das possíveis maiores desfolhas e perdas por pisoteio, poderiam oferecer a explicação da maior diferença entre a relação de ML/MF pré e pós-pastejo, nos dosséis sob 95IL e 100IL, de modo geral, mas com ênfase no período T2.

Pastejos mais frequentes (90IL) favoreceram menores áreas foliares e comprimentos de pecíolo e caule no Calopo (Tabela 8). Similarmente, em consórcios de *Arachis pintoi* cv. Belmonte com Marandu (TAMELE et al., 2017) e *Trifolium repens* com gramíneas temperadas (BLACK et al., 2009) foi evidenciada essa plasticidade fenotípica, dado que aumentos na frequência de desfolhação concorreram com a produção de leguminosas de folhas menores e pecíolos e estolões mais curtos, mas com maior densidade de pontos de crescimento.

As severidades de desfolhação, baseadas na proporção de AD que foi removida pelo pastejo, foram 31, 41 e 54 % para 90IL, 95IL e 100IL, respectivamente. Segundo Lemaire e Chapman (1996), a remoção de 50 % ou mais da parte área das plantas, como aconteceu no tratamento de 100IL, que também possui a menor IL no resíduo, limita-se ao crescimento e acúmulo de reservas nas raízes e redireciona o fluxo de carbono para crescimento da parte aérea, para assim, restaurar a IL, o processo de fotossíntese e, portanto, o aporte de C para a rebrotação.

Como a leguminosa estava se reestabelecendo no dossel durante a CH1, pode-se considerar que o IAF vem de dosséis solteiros manejados com diferente IL. Assim, os valores para 90IL e 95IL (4,35 e 5,18 de IAF e 21,4 e 25,5 cm, respectivamente) são similares aos reportados por Sbrissia & Silva (2008) de 4 e 5,3 para dosséis de Marandu manejados entre 20 e 30 cm de altura.

No pós-pastejo o IAF da leguminosa foi responsável de 9,4 % do IAF do dossel, contudo na T2, essa proporção aumentou para mais de 20 % variando de 23 % no

estratégia 90IL a 14 % no 100IL (Tabela 6). Apesar do aumento do IAF no resíduo em todas as estratégias de desfolhação, foi 90IL que proporcionou um menor desaparecimento de leguminosa.

Dosséis manejados sob 90IL e 95IL favorecem a IL pós-pastejo, que têm relação direta com o IAF residual (Tabelas 1 e 6). Esses cenários forneceriam condições para aumentar a recuperação das plantas e, com isso, a estabilidade do consórcio de Calopo. O manejo de pastos mistos é mais complexo e, possivelmente, necessita de ajustes baseados na fenologia para que se aumente a possibilidade de ocorrer a semeadura natural, bem como a restituição das leguminosas no dossel.

Também os pastejos mais frequentes (90IL), tiveram maiores massas residuais total e de gramínea, enquanto elas foram menores no pré-pastejo. Esta situação indica um pastejo mais leniente para atingir a altura residual alvo, possuindo então, relações diretas entre a MF, MG, IL e IAF residuais do dossel pelo manejo adotado.

As maiores taxas de lotação do experimento ($4,5 \text{ UA ha}^{-1}$ durante T2) e por ano (média de $3,8 \text{ UA ha}^{-1}$ e 61,4 d de descanso para CH2 e T2 vs. $3,3 \text{ UA ha}^{-1}$ e 71,7 d de descanso para CH1 e T2) são produto da maior frequência de pastejo, fato que se deve ao novo arranjo do dossel consorciado, que interceptou a mesma luz, com menor MF. Brougham (1958) e Black et al., (2009) apontam que nos consórcios a proporção, localização e ângulo das folhas de leguminosa no dossel influem de modo que uma mesma IL é atingida por diferente IAF.

Como a persistência desse consórcio depende do surgimento de novas plantas da leguminosa, um manejo possível contemplaria o favorecimento da semeadura natural do Calopo, necessitando definir os períodos de seu florescimento para vedar a pastagem e permitir a formação e deiscência de sementes. Seguidamente, a estratégia de desfolhação adotada seria a que fornece condições para o melhor aproveitamento da forragem produzida, sem afetar as plantas de leguminosa, com o intuito de se manter o ciclo. Contudo, só a semeadura natural não consegue o reestabelecimento da leguminosa, sendo necessária a ressemeadura antrópica, com alguma prática não invasiva do dossel (por exemplo, plantio direto) a cada dois ou três anos para complementar o reestabelecimento da leguminosa na proporção recomendada.

Além das respostas já atribuídas à estratégia 100IL, outro efeito negativo desse manejo seria o sombreamento das sementes das leguminosas que chegassem a ser produzidas, fato que do mesmo jeito impediria seu reestabelecimento.

CONCLUSÃO

Todas as estratégias de desfolhação tiveram sucesso no reestabelecimento do Calopo no dossel consorciado com Marandu. Porém, independente do manejo, pastos mistos com Marandu de Calopo são instáveis e precisam de atenção periódica para sucesso da sementeira natural.

Pastejos de mediana frequência (95IL) proporcionaram as melhores condições para o desenvolvimento e manutenção do Calopo, sem afetar as características desejáveis da gramínea e considerando que a mudança da estrutura do dossel é dinâmica.

O manejo do pastejo mais frequente (90IL) favorece a aparição de muitas plantas de leguminosa, mas essas não conseguem um desenvolvimento adequado visando a futura reprodução das mesmas.

Ainda menos recomendável é a estratégia menos frequente (100IL), porque embora ela ostente a maior taxa de acúmulo de forragem, apresenta alongamento de colmo da gramínea e a germinação e permanência de poucas plantas de Calopo, que devem sofrer mudanças fenotípicas, com o intuito de atingir o topo do dossel.

No consórcio de Marandu e Calopo, um manejo com diferentes frequências de desfolhação poderia ser interessante, porque inicialmente, o 90IL forneceria condições para a germinação da leguminosa, mudando posteriormente a 95IL para o desenvolvimento das mesmas.

REFERÊNCIAS

ALLEN, V. G.; BATELLO, C.; BERRETTA, et al. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v. 66, p. 2-28, 2011.

ANDRADE, C. M. S. de; FERREIRA, A. S.; CASAGRANDE, D. H. Uso de leguminosas em pastagens: potencial para consórcio compatível com gramíneas tropicais e necessidades de manejo do pastejo. In: **Simpósio sobre Manejo da Pastagem**, 27., 2015, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2015. p. 113-151

BARBOSA, Rodrigo Amorim et al. Capim-Tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 329-340, 2007.

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, 1985. p.29-30.

BLACK, A.; LAIDLAW, A.; MOOT, D.; 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.; DE CARVALHO, I.; REZENDE, C.; CANTARUTTI, R.; PEREIRA, J.; MACEDO, R.; TARRÉ, R.; ALVES, B.; URQUIAG, S. The benefit and contribution of legumes and biological N₂ fixation to productivity and sustainability of mixed pastures In: **International Conference on Forages in Warm Climates. Proceedings**. A. Evangelista, C. Avila, D. Casagrande, M. Lara, T. Bernardes (Eds.). Lavras, MG, Brasil. p 103- 140. 2015

BROUGHAM, R. W. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 1, p. 39-52, 1958.

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

CÂNDIDO, M. J. D. et al. Duração do período de descanso e crescimento do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 398-405, 2005.

CANTARUTTI, R. B. et al. The effect of grazing intensity and the presence of a forage legume on nitrogen dynamics in Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the south of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 64, n. 3, p. 257-271, 2002.

CARDOSO, A. S. et al. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. **Agricultural Systems**, v. 143, p. 86-96, 2016.

CARVALHO, G. G.; PIRES, A. J. Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, n. 1, p. 103-113, 2008.

COSTA, N. Adubação nitrogenada e consorciação de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon) com leguminosas forrageiras tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 401-408, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 5ª edição. 2018. 590 p.

EUCLIDES, V. et al. Produção de bovinos em pastagens de Brachiaria spp. consorciadas com *Calopogonium mucunoides* nos cerrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 2, p. 238-245, 1998

EUCLIDES, V. et al. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. **Ceres**, v. 61, n. 7. p. 808-818, 2011.

FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas Forrageiras**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. MG. Ed. UFV. 2010

GOMES, F. et al. 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, C. A.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. Características estruturais e produção de forragem em pastos de capim-Mombaça submetidos a períodos de descanso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1487-1494, 2007.

GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. A. M. Morfofisiologia de gramíneas forrageiras. **Forragicultura: Ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Capítulo 3. 1º Edição. R. Reis, T. Bernardes, G. Siquiera (Eds.). FUNEP, Jaboticabal, São Paulo, Brazil, p. 31-50, 2013.

HOMEM, B. G. C., FERREIRA, I. M., GIONBELLI, M. P., BERNARDES, T. F., CASAGRANDE, D. R., & LARA, M. A. S. Estimating leaf area of warm-season perennial legumes. **Grass and Forage Science**, v. 72, n. 3, p. 481-488, 2017.

LACA, E.A., LEMAIRE, G. Measuring Sward Structure. In: MANNETJE, L., JONES, R.M. eds. **Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research**. Wallingford: CABI Publishing, 2000.103-121

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. **The ecology and management of grazing systems**, p. 3-36, 1996.

LITTELL, R.C; MILLIKEN, G. A.; STROUP, W. W.; WOLFINGER, R. D.; SCHABENBERGER, O. **SAS System for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633 p.

MENEZES, R. C.; ALVES, E. B.; CASAGRANDE, D. R.; LARA, M. A. S.; EVANGELISTA, A. R.; BERNARDES, T. F. Xaraés palisadegrass remains productive after the disappearance of stylo in tropical legume-grass pasture. **Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)**, Piracicaba, v. 72, n. 6, p. 484-488, 2015.

MIRANDA, C. H.; ZANELLA, C.; SCHUNKE, R. M. Competição entre espécies nas consorciações de *Calopogonium mucunoides*; *Centrosema acutifolium* e *Brachiaria decumbens* STAPF. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 6, p. 851-856, 1992.

PEDREIRA, B.; PEDREIRA, C. G.; SILVA, S. C. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 618-625, 2009.

PEDREIRA, B.; PEDREIRA, C. G.; SILVA, S. C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 281-287, 2007

PEREIRA, J.; GOMES, F.; OLIVEIRA, M.; LARA, M.; BERNARDES, T.; CASAGRANDE. 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.

SÁ JUNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, S. S.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.108, p.1-7, 2012.

SBRISSIA, A., & SILVA, S. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 1, p. 35-47, 2008.

SEIFFERT, N.; ZIMMER, A. Contribución de *Calopogonium mucunoides* al contenido de nitrógeno en pasturas de *Brachiaria decumbens*. **Pasturas Tropicales**, v. 10, n. 3, p. 8-13, 1988

SEIFFERT, N.; ZIMMER, A.; SCHUNKE, R.; BEHLING-MIRANDA, C. Reciclagem de nitrogênio em pastagem consociada de *Calopogonium mucunoides* com *Brachiaria decumbens*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 5, p. 529-544, 1985.

TAMELE, O.; LOPES DE SÁ, O.; BERNARDES, T.; LARA, M.; CASAGRANDE, D. Optimal defoliation management of brachiaria grass–forage peanut for balanced pasture establishment. **Grass and Forage Science**. p 1–10, 2017

TEIXEIRA, V. et al. Aspectos agronômicos e bromatológicos de leguminosas forrageiras no Nordeste Brasileiro. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 226, p. 245-254, 2010.

TRINIDADE, J. K. et al. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 883-890, 2007.

WARREN-WILSON, J. Inclined point quadrats. **New Phytol.** 1960. v 59, p 1–8

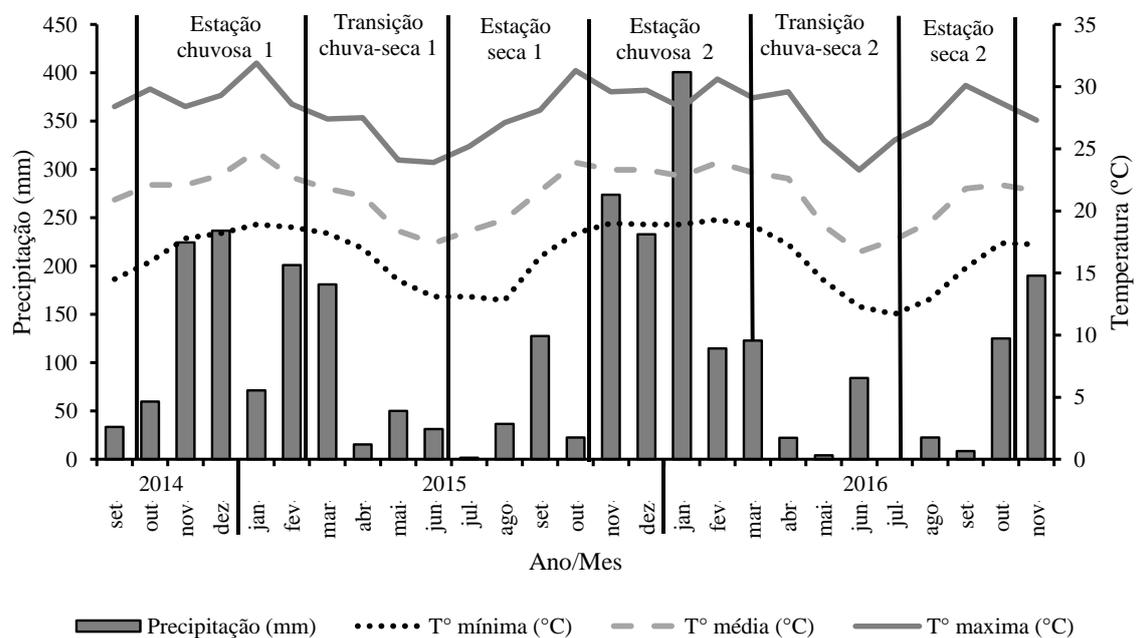


Figura 1. Médias climáticas mensais de Lavras-MG, durante os diferentes estações do ano baseados nas condições de crescimento vegetal.

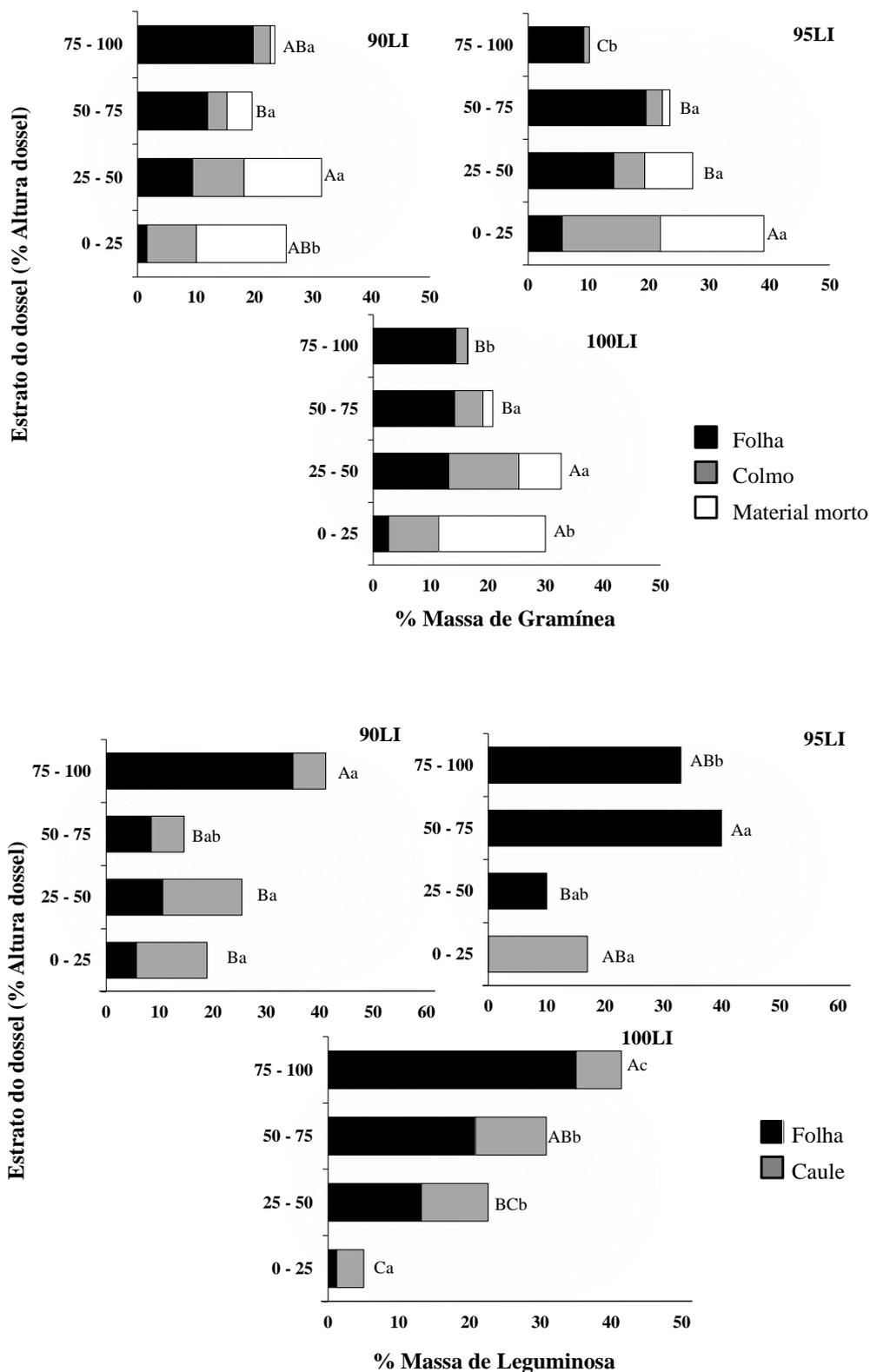


Figura 2. Distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos no dossel. Estação chuvosa 2.

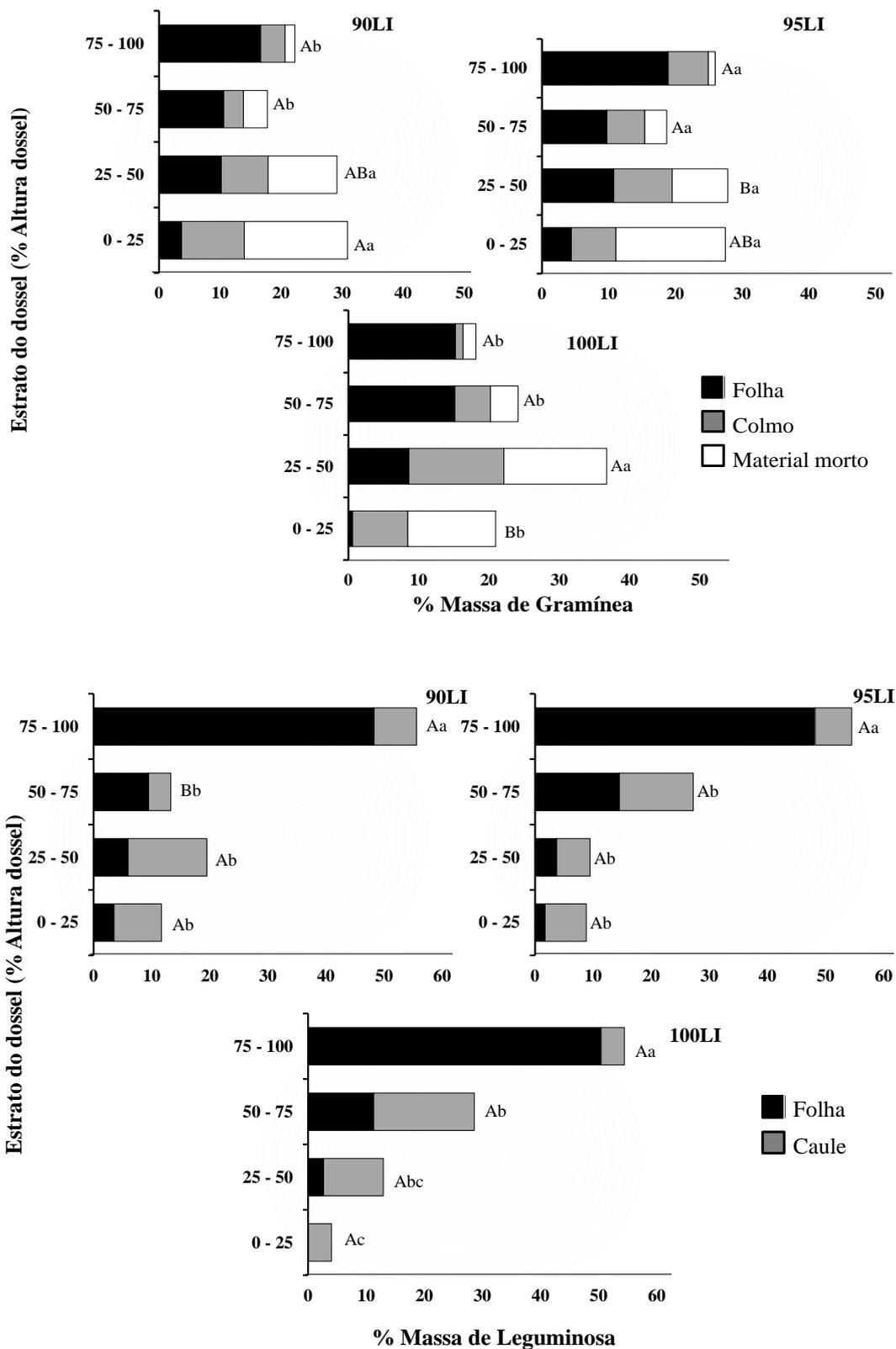


Figura 3. Distribuição vertical dos componentes botânicos e morfológicos no dossel. Transição chuva-seca 2.

Tabela 1. Interceptação luminosa (%) e altura do dossel (cm) do consórcio de *B. brizantha* e *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação (ED) e período de estudo (PE)

Período	Estratégia de desfolhação			Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL			ED	PE	ED*PE
IL Pré Pastejo								
CH1	90,8	95,4	98,3	94,9	1,16	---	---	---
T1	90,6	95,5	99,0	95,1				
CH2	90,9	94,1	97,2	94,1				
T2	89,2	95,3	98,6	94,4				
Média	90,4	95,1	98,2					
Altura Pré Pastejo								
CH1	21,4 ^{Ca}	25,5 ^{Ba}	30,6 ^{Ac}	25,8	1,69	<0,001	<0,001	<0,001
T1	20,9 ^{Ca}	25,9 ^{Ba}	35,4 ^{Ab}	27,4				
CH2	21,9 ^{Ba}	25,2 ^{Ba}	39,1 ^{Aa}	28,8				
T2	21,7 ^{Ca}	26,4 ^{Ba}	41,0 ^{Aa}	29,7				
Média	21,5	25,8	36,5					
IL Pós Pastejo								
CH1	78,1 ^{Ab}	75,2 ^{Bb}	69,7 ^{Ca}	74,3	1,60	<0,001	0,486	<0,002
T1	79,9 ^{Aa}	75,4 ^{Bb}	68,0 ^{Ca}	74,4				
CH2	78,9 ^{Aab}	77,6 ^{Aa}	68,8 ^{Ca}	75,1				
T2	76,4 ^{Bb}	79,2 ^{Aa}	69,8 ^{Ca}	75,1				
Média	78,3	76,8	69,1					
Altura Pós Pastejo								
CH1	14,0 ^{Bb}	14,3 ^{Bc}	14,7 ^{Ac}	14,3	0,78	<0,001	<0,001	0,017
T1	14,7 ^{Ba}	15,1 ^{ABb}	15,5 ^{Ab}	15,1				
CH2	15,1 ^{Ba}	15,4 ^{Bab}	18,3 ^{Aa}	16,3				
T2	15,3 ^{Ba}	16,3 ^{Ba}	18,4 ^{Aa}	16,7				
Média	14,8	15,3	16,8					

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas ($P < 0,10$) pela estratégia da desfolhação ou período de estudo, respectivamente.

CH1: estação chuvosa do ano 1, T1: transição chuva-seca do ano 1, CH2: estação chuvosa do ano 2, T2: transição chuva-seca do ano 2

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

Tabela 2. Massa verde dos componentes botânicos (kg MS ha⁻¹) pré pastejo do consórcio de *B. brizantha* e *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação (ED) e período de estudo (PE)

Período	Estratégia de desfolhação			Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL			ED	PE	ED*PE
Massa Forragem Pré Pastejo								
CH1	5037	5279	6747	5688 ^{ab}	542	0,015	0,001	0,239
T1	5203	6236	6637	6025 ^a				
CH2	4389	4817	5200	4802 ^c				
T2	4417	5289	6775	5494 ^b				
Média	4761 ^B	5405 ^B	6340 ^A					
Massa Gramínea Pré Pastejo								
CH1	5037 ^{Bab}	5212 ^{Ba}	6747 ^{Aa}	5665	668	0,001	0,002	0,003
T1	5064 ^{Ba}	5870 ^{ABa}	6527 ^{Aa}	5829				
CH2	4176 ^{Bb}	4560 ^{ABb}	5075 ^{Ab}	4604				
T2	3562 ^{Cc}	4435 ^{Bb}	6109 ^{Aa}	4702				
Média	4460	5019	6114					
Massa Leguminosa Pré Pastejo								
CH1	0,0 ^{Ac}	25,8 ^{Ac}	0,0 ^{Ac}	8,6	302	0,531	<0,001	<0,001
T1	139,4 ^{Bb}	412,3 ^{Aa}	110,4 ^{Bb}	220,7				
CH2	212,7 ^{Ab}	215,4 ^{Ab}	125,1 ^{Ab}	184,4				
T2	854,8 ^{Aa}	813,0 ^{Aa}	666,2 ^{Aa}	778,0				
Média	301,7	366,6	225,4					
Massa de Leguminosa/Massa Total Pré Pastejo								
CH1	0,000 ^{Ad}	0,004 ^{Ac}	0,000 ^{Ac}	0,001	0,046	0,110	<0,001	<0,001
T1	0,026 ^{Bc}	0,075 ^{Aa}	0,016 ^{Bb}	0,039				
CH2	0,048 ^{Ab}	0,041 ^{Ab}	0,023 ^{Ab}	0,037				
T2	0,189 ^{Aa}	0,143 ^{Aa}	0,094 ^{Aa}	0,142				
Média	0,066	0,066	0,033					

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas (P<0,10) pela estratégia da desfolhação ou período de estudo, respectivamente.

CH1: estação chuvosa do ano 1, T1: transição chuva-seca do ano 1, CH2: estação chuvosa do ano 2, T2: transição chuva-seca do ano 2

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

Tabela 3. Massa verde dos componentes botânicos (kg ha⁻¹) pós pastejo do consórcio de *B. brizantha* e *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação (ED) e período de estudo (PE)

Período	Estratégia de desfolhação			Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL			ED	PE	ED*PE
Massa Forragem Pós Pastejo								
CH1	2562 ^{Ab}	2224 ^{Abc}	2434 ^{Aa}	2407	252	0,103	0,003	0,006
T1	2987 ^{Aa}	1966 ^{Bc}	1935 ^{Bb}	2296				
CH2	2963 ^{Aa}	2713 ^{Ab}	2524 ^{Aa}	2733				
T2	2856 ^{Ba}	3493 ^{Aa}	2551 ^{Ba}	2967				
Média	2842	2599	2361					
Massa Gramínea Pós Pastejo								
CH1	2562 ^{Aab}	2217 ^{Abc}	2434 ^{Aa}	2405	226	0,154	0,049	0,005
T1	2899 ^{Aa}	1875 ^{Bc}	1913 ^{Bb}	2229				
CH2	2837 ^{Aa}	2578 ^{Ab}	2448 ^{Aa}	2621				
T2	2318 ^{Bb}	3068 ^{Aa}	2414 ^{Ba}	2600				
Média	2654	2434	2302					
Massa Leguminosa Pós Pastejo								
CH1	0,0	4,4	0,0	1,5 ^c	150	0,377	0,004	0,650
T1	88,3	89,5	21,5	66,5 ^{bc}				
CH2	126,2	133,6	76,4	112,0 ^b				
T2	537,9	423,5	136,8	366,0 ^a				
Média	188,1	162,8	58,7					
Massa de Leguminosa/Massa total Pós Pastejo								
CH1	0,000 ^{Ac}	0,002 ^{Ab}	0,000 ^{Aa}	0,001	0,054	0,173	<0,001	0,011
T1	0,029 ^{Abc}	0,044 ^{Ab}	0,011 ^{Aa}	0,028				
CH2	0,041 ^{Ab}	0,047 ^{Ab}	0,029 ^{Aa}	0,039				
T2	0,181 ^{Aa}	0,115 ^{ABa}	0,054 ^{Ba}	0,117				
Média	0,063	0,052	0,024					

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas (P<0,10) pela estratégia da desfolhação ou período de estudo, respectivamente.

CH1: estação chuvosa do ano 1, T1: transição chuva-seca do ano 1, CH2: estação chuvosa do ano 2, T2: transição chuva-seca do ano 2

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

Tabela 4. Massa dos componentes morfológicos (kg ha⁻¹) pré pastejo do consórcio de *B. brizantha* e *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação (ED) e período de estudo (PE)

Período	Estratégia de desfolhação			Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL			ED	PE	ED*PE
Folha de Gramíneas								
CH1	3055,8	3285,3	4077,7	3472,9 ^a	208,2	<0,001	<0,001	0,274
T1	2917,2	2909,8	3610,7	3145,9 ^b				
CH2	2518,3	2746,6	3062,8	2775,9 ^c				
T2	2063,3	2678,8	3203,5	2648,5 ^c				
Média	2638,6 ^B	2905,1 ^{AB}	3488,7 ^A					
Colmo de Gramíneas								
CH1	1980,9	1933,1	2669,6	2194,5 ^b	436,8	0,019	0,001	0,133
T1	2146,4	2967,2	2916,2	2676,6 ^a				
CH2	1657,8	1820,0	2012,2	1830,0 ^c				
T2	1499,2	1762,6	2905,2	2055,7 ^{bc}				
Média	1821,1 ^B	2120,7 ^B	2625,8 ^A					
Material Morto de Gramíneas								
CH1	1171,5 ^{Ab}	1027,2 ^{Ac}	1198,9 ^{Ac}	1132,5	359,5	0,178	<0,001	<0,001
T1	1913,1 ^{Ba}	3639,8 ^{Aa}	1625,7 ^{Bbc}	2392,9				
CH2	1814,3 ^{Aa}	1605,0 ^{Abc}	1740,1 ^{Ab}	1719,8				
T2	2145,5 ^{Ba}	2047,0 ^{Bb}	2734,0 ^{Aa}	2308,8				
Média	1761,1	2079,7	1824,6					
Folha de Leguminosa								
CH1	0,0	20,6	0,0	6,9 ^c	57,9	0,712	<0,001	0,260
T1	100,8	192,5	74,8	122,7 ^b				
CH2	146,5	145,8	86,1	126,1 ^b				
T2	364,5	487,0	426,2	425,9 ^a				
Média	152,9	211,5	146,8					
Caule mais Reprodutivo de Leguminosa								
CH1	0,0 ^{Ac}	5,1 ^{Ad}	0,0 ^{Ac}	1,7	103,9	0,368	<0,001	0,007
T1	38,6 ^{Bbc}	131,2 ^{Ab}	35,6 ^{Bbc}	68,5				
CH2	66,2 ^{Ab}	69,6 ^{Ac}	39,0 ^{Ab}	58,3				
T2	490,3 ^{Aa}	326,0 ^{ABa}	240,0 ^{Ba}	352,1				
Média	148,8	133,0	78,6					

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas (P<0,10) pela estratégia da desfolhação ou período de estudo, respectivamente.

CH1: estação chuvosa do ano 1, T1: transição chuva-seca do ano 1, CH2: estação chuvosa do ano 2, T2: transição chuva-seca do ano 2

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

Tabela 5. Taxa de acúmulo de forragem do consórcio de *B. brizantha* e *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação (ED) e período de estudo (PE)

Período	Estratégia de desfolhação			Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL			ED	PE	ED*PE
Taxa de Acúmulo Total								
CH1	69,95 ^{Aa}	49,09 ^{Bab}	60,25 ^{ABa}	59,76	12,13	0,207	0,009	0,048
T1	29,45 ^{Bb}	55,96 ^{Aa}	48,68 ^{ABb}	44,70				
CH2	39,30 ^{Ab}	30,36 ^{Ab}	37,15 ^{Ab}	35,60				
T2	22,75 ^{Bb}	43,99 ^{Aab}	56,12 ^{Aa}	40,96				
Média	40,36	44,85	50,55					
Taxa de Acúmulo de Gramínea								
CH1	81,80 ^{Aa}	56,68 ^{Ba}	75,13 ^{ABa}	71,20	14,13	0,067	<0,001	0,019
T1	27,08 ^{Bbc}	53,65 ^{Aa}	47,50 ^{ABb}	42,74				
CH2	36,88 ^{Ab}	28,15 ^{Ab}	36,18 ^{Ab}	33,73				
T2	11,10 ^{Cc}	32,41 ^{Bb}	48,93 ^{Ab}	30,81				
Média	39,21	42,72	51,93					
Taxa de Acúmulo de Leguminosa								
CH1	-11,90	-6,63	-14,93	-11,15 ^c	6,27	0,163	<0,001	0,300
T1	2,35	3,20	1,18	2,24 ^b				
CH2	2,40	3,17	0,98	2,18 ^b				
T2	11,68	12,47	7,23	10,46 ^a				
Média	1,13	3,05	-1,39					

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas ($P < 0,10$) pela estratégia da desfolhação ou período de estudo, respectivamente.

CH1: estação chuvosa do ano 1, T1: transição chuva-seca do ano 1, CH2: estação chuvosa do ano 2, T2: transição chuva-seca do ano 2

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

Tabela 6. Índice de área folhar pré e pós pastejo do consórcio de *B. brizantha* e *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação (ED) e período de estudo (PE)

Período	Estratégia de desfolhação			Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL			ED	PE	ED*PE
IAF Total Pré Pastejo								
CH1	4,40	5,18	5,75	5,10				
T1	6,15	4,47	5,09	5,24	0,89	0,213	0,242	0,189
CH2	3,24	4,65	4,81	4,23				
T2	4,24	5,31	5,81	5,12				
Média	4,51	4,88	5,36					
IAF Gramínea Pré Pastejo								
CH1	4,35	5,18	5,75	5,10 ^a				
T1	5,88	4,56	4,93	5,12 ^a	0,86	0,139	0,040	0,118
CH2	3,05	4,66	4,48	4,06 ^b				
T2	3,41	4,55	5,74	4,58 ^{ab}				
Média	4,18	4,74	5,22					
IAF Leguminosa Pré Pastejo								
CH1	0,00 ^{Ac}	0,00 ^{Ab}	0,01 ^{Ad}	0,002				
T1	0,22 ^{Ab}	0,02 ^{Bb}	0,16 ^{Ac}	0,13	0,36	0,088	<0,001	0,060
CH2	0,14 ^{Bb}	0,10 ^{Bb}	0,32 ^{Ab}	0,19				
T2	0,78 ^{Ba}	0,87 ^{ABa}	1,59 ^{Aa}	1,08				
Média	0,29	0,25	0,51					
IAF Total Pós Pastejo								
CH1	1,58	1,09	1,13	1,27				
T1	1,48	1,33	0,41	1,07	0,41	<0,001	0,244	0,372
CH2	1,82	1,93	0,75	1,50				
T2	2,35	1,64	0,71	1,57				
Média	1,81 ^A	1,50 ^A	0,76 ^B					
IAF Gramínea Pós Pastejo								
CH1	1,58	0,93	1,13	1,21				
T1	1,39	1,28	0,36	1,01	0,36	<0,001	0,424	0,319
CH2	1,65	1,89	0,71	1,41				
T2	1,80	1,29	0,61	1,23				
Média	1,60 ^A	1,35 ^A	0,70 ^B					
IAF Leguminosa Pós Pastejo								
CH1	0,00 ^{Ab}	0,16 ^{Aab}	0,00 ^{Aa}	0,05				
T1	0,10 ^{Ab}	0,05 ^{Ab}	0,06 ^{Aa}	0,07	0,11	0,024	<0,001	0,074
CH2	0,18 ^{Ab}	0,04 ^{Ab}	0,04 ^{Aa}	0,08				
T2	0,55 ^{Aa}	0,35 ^{Ba}	0,10 ^{Ca}	0,33				
Média	0,21	0,15	0,05					

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas ($P < 0,10$) pela estratégia da desfolhação ou período de estudo, respectivamente.

CH1: estação chuvosa do ano 1, T1: transição chuva-seca do ano 1, CH2: estação chuvosa do ano 2, T2: transição chuva-seca do ano 2

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

Tabela 7. Demografia (número de plantas e ramos m⁻²) de *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação (ED) e período de estudo (PE)

Período	Estratégia de desfolhação			Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL			ED	PE	ED*PE
Plantas Pré Pastejo								
CH1	11,7 ^{Bb}	72,4 ^{Aa}	20,2 ^{Bb}	34,8	16,9	0,172	<0,001	0,050
T1	67,5 ^{Aa}	44,2 ^{Aa}	49,0 ^{Aa}	53,6				
CH2	17,0 ^{Ab}	20,0 ^{Ab}	13,0 ^{Ab}	16,7				
T2	10,5 ^{Ac}	12,2 ^{Ac}	7,5 ^{Ac}	10,1				
Média	26,7	37,2	22,4					
Ramos Pré Pastejo								
CH1	11,7 ^{Bb}	72,4 ^{Ab}	20,2 ^{Bb}	34,8	86,7	0,282	<0,001	0,003
T1	67,5 ^{Aa}	44,2 ^{Ac}	49,0 ^{Aab}	53,6				
CH2	171,5 ^{Aa}	211,3 ^{Aa}	33,0 ^{Bb}	138,7				
T2	153,2 ^{Aa}	220,9 ^{Aa}	97,0 ^{Aa}	157,0				
Média	101,0	137,2	49,8					
Plantas Pós Pastejo								
CH1	7,0 ^{Bb}	35,4 ^{Aa}	7,1 ^{Bab}	16,5	5,8	0,013	<0,001	0,004
T1	43,4 ^{Aa}	21,6 ^{Bb}	16,8 ^{Ba}	27,2				
CH2	13,5 ^{Ab}	14,7 ^{Ab}	8,4 ^{Aab}	12,2				
T2	10,2 ^{Ab}	10,5 ^{Ab}	2,8 ^{Aa}	7,8				
Média	18,5	21,5	8,8					
Ramos Pós Pastejo								
CH1	7,0 ^{Bc}	35,4 ^{Aab}	7,2 ^{Ba}	16,5	56,4	0,256	0,057	0,028
T1	43,3 ^{Ab}	21,6 ^{Bb}	16,8 ^{Ba}	27,2				
CH2	131,3 ^{Aa}	118,7 ^{ABa}	20,0 ^{Ba}	90,0				
T2	108,2 ^{Aa}	105,6 ^{Aa}	49,5 ^{Aa}	87,8				
Média	72,5	70,3	23,4					

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas ($P < 0,10$) pela estratégia da desfolhação ou período de estudo, respectivamente.

CH1: estação chuvosa do ano 1, T1: transição chuva-seca do ano 1, CH2: estação chuvosa do ano 2, T2: transição chuva-seca do ano 2

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

Tabela 8. Variáveis morfológicas e estruturais do *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação

Características morfológicas		Estratégia de desfolhação			EPM	Valor P
		90IL	95IL	100IL		
Taxa de alongamento de folha	cm ² d ⁻¹	0,248	0,399	0,329	0,06	0,227
Taxa de alongamento de pecíolo	cm ² d ⁻¹	0,671	0,720	0,519	0,11	0,369
Taxa de alongamento de caule	cm ² d ⁻¹	0,259 ^b	0,550 ^a	0,348 ^{ab}	0,09	0,126
Taxa de senescência de folha	cm ² d ⁻¹	0,255 ^b	1,072 ^a	1,060 ^a	0,18	0,022
Taxa de senescência de pecíolo	cm d ⁻¹	0,073 ^b	0,228 ^a	0,232 ^a	0,04	0,027
Taxa de aparecimento de folhas	folha d ⁻¹	0,152 ^a	0,146 ^a	0,100 ^b	0,01	0,033
Filocrono	dias	7,787	8,161	12,00	1,78	0,180
Número médio de folhas vivas	folhas ramo ⁻¹	4,996	6,139	5,015	0,58	0,322
Número final de folhas vivas	folhas ramo ⁻¹	6,229 ^b	7,645 ^a	5,563 ^b	0,46	0,044
Comprimento médio do caule	cm	7,710 ^b	17,30 ^a	12,76 ^a	1,93	0,030
Comprimento final do caule	cm	10,20 ^b	31,15 ^a	22,92 ^a	8,35	0,018
Comprimento médio do pecíolo	cm	0,968 ^b	1,454 ^a	1,437 ^a	0,13	0,048
Comprimento final do pecíolo	cm	1,039 ^b	2,098 ^a	2,004 ^a	0,20	0,012
Área média da folha	cm ²	12,36 ^b	19,61 ^a	17,33 ^a	11,8	0,041
Área final da folha	cm ²	14,35 ^b	24,02 ^a	24,15 ^a	2,63	0,042

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas ($P < 0,10$) pela estratégia da desfolhação.

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

Tabela 9. Período de descanso (dias) e taxas de lotação e taxa de lotação instantânea (UA ha⁻¹) no consórcio de *B. brizantha* e *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação (ED) e período de estudo (PE)

Período	Estratégia de desfolhação			Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL			ED	PE	ED*PE
Período de descanso								
CH1	46,8 ^{Ca}	62,5 ^{Bb}	77,3 ^{Ab}	62,2	6,8	<0,001	<0,001	<0,001
T1	49,5 ^{Ba}	103,3 ^{Aa}	90,8 ^{Aab}	81,2				
CH2	38,8 ^{Cb}	57,7 ^{Bc}	95,3 ^{Aa}	63,9				
T2	36,5 ^{Cb}	55,3 ^{Bc}	84,8 ^{Ab}	58,9				
Média	42,9	69,7	87,0					
Taxa de lotação								
CH1	2,8 ^{Bc}	2,8 ^{Bb}	4,2 ^{Aab}	3,3	0,44	<0,001	<0,001	0,004
T1	3,3 ^{Bb}	2,4 ^{Cb}	4,2 ^{Aab}	3,3				
CH2	3,3 ^{Ab}	2,8 ^{Bb}	3,2 ^{ABb}	3,1				
T2	4,6 ^{Aa}	4,3 ^{Aa}	4,6 ^{Aa}	4,5				
Média	3,5	3,1	4,0					
Taxa de lotação instantânea								
CH1	20,0 ^{Bb}	25,0 ^{Bb}	55,4 ^{Aab}	33,4	10,9	0,034	0,017	0,052
T1	24,5 ^{Bab}	33,1 ^{Bab}	57,7 ^{Aa}	38,4				
CH2	23,5 ^{Bab}	26,3 ^{ABb}	43,2 ^{Ac}	31,0				
T2	30,2 ^{Aa}	36,1 ^{Aa}	49,2 ^{Abc}	38,5				
Média	24,5	30,1	51,4					

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas ($P < 0,10$) pela estratégia da desfolhação ou período de estudo, respectivamente.

CH1: estação chuvosa do ano 1, T1: transição chuva-seca do ano 1, CH2: estação chuvosa do ano 2, T2: transição chuva-seca do ano 2

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

ARTIGO 2 - CICLAGEM DE NITROGÊNIO DO CONSÓRCIO DE MARANDU COM CALOPO SOB DIFERENTES MANEJOS DO PASTEJO

RESUMO

Objetivou-se, com este estudo, determinar estratégias de desfolhação com base na interceptação luminosa do dossel, com a finalidade de se favorecer a ciclagem de nitrogênio no consórcio de *Brachiaria brizantha* e do *Calopogonium mucunoides*. O experimento foi conduzido em Lavras, Brasil. O consórcio foi estabelecido no verão de 2012. Na primavera de 2014 foram impostas as três estratégias de desfolhação (ED); período de descanso interrompido a 90% (90IL), 95% (95IL) e 100% (100IL) de interceptação luminosa (IL) e crescimento livre (CL; sem pastejo). O experimento teve início na primavera de 2015 e duração de 356 dias, divididos em três períodos: chuvas, transição chuva-seca e secas. Nas secas, alguns tratamentos não atingiram a IL pré-determinada, portanto foram pastejados só o final do período. Contudo, as avaliações de serrapilheira foram feitas sem interrupção. O método de lotação utilizado foi intermitente, com descanso variável, com os tratamentos e ocupação de três dias. A altura residual para todos os tratamentos foi 15 cm. O pastejo foi realizado por novilhas Zebu. Semanalmente, em cada piquete, para se estimar a IL, foram tomadas 10 leituras de referência e 100 leituras abaixo do dossel, com o analisador de dossel. Leituras médias superiores a 97,5% foram considerados 100IL. Foram avaliados os fluxos de nitrogênio através do animal (consumo, produção e deposição), das plantas (crescimento, senescência e fixação biológica do elemento; FBN) e balanço de nitrogênio no sistema nas diversas ED. Foi utilizado um delineamento de blocos casualizados. A ED foi estudada como efeito fixo, enquanto bloco e ano foram aleatórios. No inverno de 2014, a massa pré-experimental de Calopo representou 37% da composição botânica, mas diminuiu até 2% no ano prévio ao experimento. A ED afetou a participação do Calopo na composição botânica do dossel com valores médios de 8,2% para 90IL e 95IL e 3,5% para 100IL e CL. A FBN foi igual entre ED, e teve medidas de 76 e 37 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para os manejos com e sem pastejo, respectivamente. A taxa de lotação média foi 2,9 UA ha⁻¹ e não foi afetada pela ED. A deposição de N via serrapilheira foi menor no 100IL, seguido de 95IL, porém não houve diferenças entre 90IL e o CL (27,2 vs. 36,4 vs. 39,9 e 41,2 kg ha⁻¹ período⁻¹). Entretanto, o CL teve maior taxa de deposição de matéria orgânica, o que evidencia uma serrapilheira de menor conteúdo de N quando comparado a 90IL. Apesar do consumo e excreção individual de N ter sido superiores no 90IL e 95IL, quando comparados a 100IL (183, 175 vs. 113 g UA⁻¹ dia⁻¹ e 161, 155 vs. 110 g UA⁻¹ dia⁻¹), não houve diferenças na retenção individual (16 g UA⁻¹ dia⁻¹), nos consumo (58 kg ha⁻¹ período⁻¹), excreção (52 kg ha⁻¹ período⁻¹) e retenção (6 kg ha⁻¹ período⁻¹) do sistema para as diferentes ED. O consórcio de Marandu e Calopo conseguiu um balanço de nitrogênio positivo (7 e 41 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ para as estratégias pastejadas e CL, respectivamente), independentemente da ED para sistemas sob pastejo, com taxas de lotação variando entre 2,60 e 3,14 UA ha⁻¹.

Palavras-chave: pastejo, serrapilheira, desfolhação, dossel misto, fixação biológica de nitrogênio

NITROGEN CYCLE OF CONSORTIUM OF MARANDU WITH CALOPO UNDER DIFFERENT GRAZING MANAGEMENT

ABSTRACT

The objective of this study was to determine defoliation strategies based on the light interception of the canopy in order to favor the nitrogen cycling in the *Brachiaria brizantha* and *Calopogonium mucunoides* intercrop. The experiment was conducted in Lavras, Brazil. The mixed pasture was established in the summer of 2012. In the spring of 2014, three defoliation strategies (DS) were imposed; interruption of rest with 90% (90LI), 95% (95LI) and 100% (100LI) of light interception (LI) and free growth (FG, without grazing). The experiment started in the spring of 2015 and lasted 356 days divided into three periods; rainy, rain-dry transition, and dry. In the dry season some treatments did not reach the pre-determined LI, so they were grazed only at the end of the period, however the litter evaluations were continued. The stocking method used was intermittent, with variable rest with treatments and occupation of three days. The residual height for all treatments was 15 cm. Grazing was performed by Zebu heifers. To estimate LI in each paddock 10 reference readings and 100 readings below the canopy were taken weekly with the canopy analyzer. Average readings above 97.5% were considered 100LI. Nitrogen fluxes through the animal (consumption, production and deposition), of the plants (growth, senescence and biological nitrogen fixation [BNF] by the legume) and nitrogen balance in the system were evaluated in the different DS. A randomized complete block design was used. DS was studied as a fixed effect while block and year were randomized. In the winter of 2014 the pre-experimental mass of Calopo represented 37% of the botanical composition but decreased to 2% in the year prior to the experiment. DS affected the participation of Calopo in the botanical composition of the canopy with average values of 8.2% for 90LI and 95LI and 3.5% for 100LI and FG. BNF was equal between DS, and had measurements of 76 and 37 kg ha⁻¹ year⁻¹ for grazing and non-grazing management, respectively. The mean stocking rate was 2.9 AU ha⁻¹ and was not affected by DS. The deposition of N via litter was lower in 100LI, followed by 95LI but did not differ between 90LI and FG (27.2 vs. 36.4 vs. 39.9 and 41.2 kg ha⁻¹ period⁻¹). However, the FG had a higher deposition rate of organic matter, which shows a litter with a lower N content compared to 90LI. Despite the fact that individual intake and excretion of N were higher in 90LI and 95LI when compared to 100LI (183, 175 vs. 113 g UA⁻¹ day⁻¹ and 161, 155 vs. 110 g UA⁻¹ day⁻¹), no there were differences in individual retention (16 g UA⁻¹ day⁻¹) or in consumption (58 kg ha⁻¹ period⁻¹), excretion (52 kg ha⁻¹ period⁻¹) and retention (6 kg ha⁻¹ period⁻¹) of the system for the different DS. The Marandu and Calopo consortium achieved a positive nitrogen balance (7 and 41 kg N ha⁻¹ year⁻¹ for the grazed and FG strategies, respectively), regardless of the DS for systems under grazing with stocking rates ranging from 2.60 and 3.14 AU ha⁻¹.

Key words: grazing, litter, defoliation, mixed canopy, biological nitrogen fixation

INTRODUÇÃO

O crescimento da população humana incrementa a demanda de produtos animais. O aumento da produção animal pode ser baseada no acréscimo da produtividade ou na incorporação de novas áreas aos sistemas de produção, tendo esta última via importantes efeitos deletérios, como o desmatamento (HERRERO et al., 2016).

A produção de ruminantes a pasto pouco intensiva não altera notoriamente os ciclos de nutrientes, mantendo a sustentabilidade do sistema (SOUSSANA & LEMAIRE, 2014), porém, sua produtividade seria limitada para atender a demanda crescente. Por outro lado, o incremento da produtividade animal acrescenta o dreno de nutrientes (CADISCH et al., 1994), pelo que para garantir a sustentabilidade do sistema deve-se compensar as saídas deles. A adubação poderia resolver o problema, no entanto, os fertilizantes poderiam ser oriundos da síntese industrial (ex. processo Haber-Bosch de fixação do nitrogênio atmosférico) que consome energia não renovável com a atenuante da emissão de gases de efeito estufa.

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) das leguminosas pode favorecer a incorporação do elemento nas pastagens mistas (CADISCH et al., 1994) e aumentar a produtividade dos sistemas pecuários a pasto de maneira sustentável. Contudo, o manejo da desfolhação (frequência e intensidade) dos consórcios tem efeitos consideráveis na ciclagem de nutrientes (quantidade e qualidade) e persistência da leguminosa.

Quando a intensidade do pastejo é elevada, a rota principal de ciclagem ocorre por meio de fezes e urina sendo menos eficientes, pois sua distribuição não uniforme e elevada concentração de elementos levam a maiores perdas. Pelo contrário, quando a via de retorno dos nutrientes ocorre pela deposição de material vegetal que se desprende das plantas (serrapilheira), o benefício é mais perdurável e homogêneo (REZENDE et al., 1999), mas precisa de uma maior senescência da pastagem (CANTARUTTI et al., 2002; DUBEUX et al., 2006; LIU et al., 2011).

Longos períodos de descanso das pastagens favorecem maior acúmulo de massa de gramíneas em detrimento do desenvolvimento e persistência das leguminosas (TAMELE et al., 2017; GOMES et al., 2018). Além disso, o elevado acúmulo de massa forrageira poderia implicar em um pastejo intenso que remove grande parte das folhas, diminuindo conseqüentemente, a deposição de serrapilheira após o pastejo.

Para melhorar o desenvolvimento das leguminosas nas pastagens consorciadas, tem-se proposto o uso de leguminosas pouco palatáveis (ex. Calopo, CADISCH et al., 1994) e curtos períodos de descanso (GOMES et al., 2018). Nos pastos mistos, as leguminosas favorecem a deposição de serrapilheira de menor relação C:N, favorecendo os processos de mineralização de N no solo (CADISCH et al., 1994; BODDEY et al., 2004; SILVA et al., 2012a; VENDRAMINI et al., 2014).

Dentro do consórcio com espécies do gênero *Brachiaria*, o *Calopogonium* proporcionou um acréscimo anual de nitrogênio entre 48 e 81 kg (SEIFFERT et al., 1985; COSTA et al., 1995), aumento na produção de forragem (entre 25 e 40 %; SEIFFERT & ZIMMER 1988; CADISCH et al., 1994) e pelo menos 15 % a mais na concentração de nitrogênio da gramínea, além de ganho de peso individual quando comparado às pastagens solteiras (EUCLIDES et al., 1998).

Assim, faz-se necessário definir os manejos do pastejo para promover a participação do Calopo na composição botânica do dossel, beneficiando a deposição de mais e melhor serrapilheira com o intuito de favorecer a sustentabilidade do sistema.

Embora o manejo dos consórcios tenha mostrado algumas dificuldades, recentemente a aplicação de ferramentas como a interceptação luminosa do dossel no início do pastejo tem dado resultados promissores na estabilidade da pastagem mista de Marandu e Amendoim (PEREIRA et al., 2017; GOMES et al., 2018).

Dessa forma, se tem como hipótese que pastejos mais frequentes, baseados em IL pré-pastejo do dossel, do consórcio de gramínea e Calopo permitiriam a manutenção da leguminosa em uma proporção botânica adequada no consórcio, com a conseqüente deposição de maior quantidade de serrapilheira de melhores atributos (mais N e menores relações C:N e C:P).

Objetivou-se, com este estudo, determinar estratégias de desfolhação com base na interceptação luminosa do dossel misto, com a finalidade de favorecer a ciclagem de nitrogênio no consórcio de *Brachiaria brizantha* Hochst ex A. Rich Stapf cv. Marandu e do *Calopogonium mucunoides* (Desv.) cv. Comum.

MATERIAL E MÉTODOS

O procedimento experimental do presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso Animais da Universidade Federal de Lavras CEUA/UFLA (Protocolo N° 051/15).

Local do experimento

O experimento foi realizado no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG, localizada a 21°13'51,73'' de latitude sul, 44°58'10,47'' de longitude oeste e 911 m de altitude. O clima, na classificação de Köppen, é definido como Cwa mesotérmico úmido subtropical de inverno seco (SÁ JUNIOR, et al., 2012). Os dados climáticos foram obtidos em uma estação meteorológica, distante 750 m da área experimental (Figura 1).

A pastagem mista foi estabelecida no verão de 2012. A semeadura de Marandu e Calopo foi conjunta com 7,0 e 6,3 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis, respectivamente. Da implantação até o inverno de 2014, na área experimental, foi manejada com pastejo em lotação tipo "mob stocking". No primavera de 2014, na área experimental, foram estabelecidas as estratégias de desfolhação baseadas em IL, pelo que, na fase pré-experimental, o dossel teve dois manejos, ambos monitorados com relação à massa vegetal e à composição botânica.

O período experimental teve duração de 356 dias divididos em três períodos, em função das condições ambientais (temperatura e precipitação) para o crescimento vegetal (Figura 1). O primeiro (03/11/2015-15/03/2016, com duração de 133 dias) ocorreu durante a estação chuvosa (CH). O segundo (16/03/2016-18/07/2016, com duração de 124 dias) aconteceu na transição chuva-seca (T). O terceiro (19/07/2016 - 26/10/2016, com duração de 99 dias) ocorreu na estação seca (S).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolos Vermelhos Distróficos argissólicos (EMBRAPA, 2018). As características do solo da área experimental em setembro de 2014 foram pH = 6,2, matéria orgânica = 4,6 %, P = 1,13 mg dm⁻³, K⁺ = 66 mg dm⁻³, Ca²⁺ = 3,0 cmol_c dm⁻³, Mg²⁺ = 1,0 cmol_c dm⁻³, H + Al = 2,59 cmol_c dm⁻³, Al³⁺ = 0,0 cmol_c dm⁻³, Capacidade de troca catiônica a pH 7,0 = 6,76 cmol_c dm⁻³, e soma de bases = 4,17 cmol_c dm⁻³.

Desde a implantação das estratégias de desfolhação (outubro de 2014), a cada ano, no início das chuvas, independente da condição de crescimento dos dosséis, todos os piquetes foram pastejados até a altura do resíduo. Após a saída dos animais realizou-se adubação de manutenção com superfosfato simples, cloreto de potássio e micronutrientes, correspondendo a doses de 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 53 kg ha⁻¹ de K₂O, 38 kg ha⁻¹ de Ca, 1,7 kg ha⁻¹ de S, 0,5 kg ha⁻¹ de B, 0,25 kg ha⁻¹ de Cu, 0,6 kg ha⁻¹ de Mn, 0,03 kg ha⁻¹ de Mo, e 2,7 kg ha⁻¹ de Zn.

Tratamentos e manejo experimental

Em outubro de 2014, a pastagem foi dividida para se estabelecer quatro tratamentos, com três estratégias de desfolhação (ED), com interrupção do período de descanso, quando os dosséis atingiram: 90 % (90IL), 95 % (95IL) e 100 % (100IL) de interceptação luminosa e crescimento livre (CL), que foram áreas excluídas do pastejo. Foram destinados quatro piquetes (unidades experimentais) para cada um dos tratamentos. Nas estratégias de desfolhação, a altura do resíduo proposta foi de 15 cm. O tamanho dos piquetes foi de 163, 540, 480 e 450 m² para CL, 90IL, 95IL e 100IL, respectivamente.

O método de lotação utilizado foi intermitente, com períodos de descanso que variavam de acordo com os tratamentos e períodos de ocupação de três dias. O pastejo foi realizado por novilhas da raça Tabapuã, com peso corporal de 254±52 kg. A cada 45 dias as novilhas eram pesadas e o peso corporal convertido para unidade animal (UA=500 kg; ALLEN et al., 2011). Os animais tiveram acesso a sal mineral e água *ad libitum*.

Durante o período de seca, a IL citada acima, que seria o critério de interrupção de descanso do dossel, não foi atingida em todos os tratamentos. Por tal motivo, os piquetes do manejo 100IL foram pastejados somente no final desse período como ponto de término do experimento. Entretanto, as avaliações de serrapilheira continuaram sendo feitas regularmente em todo o experimento.

Avaliações experimentais

Interceptação de luz incidente no dossel forrageiro

A mensuração da IL foi realizada semanalmente durante todo o período experimental. Quando a IL estava próxima à meta estabelecida, a frequência dos monitoramentos aumentou para duas vezes por semana. Leituras repetidas superiores a 97,5 % foram considerados 100 % de IL devido à impossibilidade prática de se atingir esse valor (PEDREIRA et al., 2007). Foi utilizado o aparelho analisador de dossel LAI-2200 (LI-COR®, Lincoln Nebraska, EUA). As medições foram realizadas, aleatoriamente nas pastagens, totalizando 10 leituras de referência e 100 leituras abaixo do dossel em cada piquete.

Taxa de lotação

A taxa de lotação (UA ha⁻¹) foi calculada com a divisão da taxa de lotação instantânea de um piquete pelo número de piquetes idênticos estimados para completar um ciclo de pastejo (MENEZES et al., 2015). A taxa de lotação instantânea para esse determinado piquete (UA ha⁻¹ piquete⁻¹) resultou da soma de todas as UA usadas no pastejo (animais teste e reguladores) entre a área do piquete. O número de piquetes idênticos estimados para completar o ciclo de pastejo foi estimado dividindo-se a duração de cada ciclo de pastejo (período de descanso mais período de ocupação) pelo período de ocupação. No cálculo do número de piquetes estimados assume-se que as taxas de acúmulo de forragem são iguais durante o descanso nos piquetes estimados.

Massa de forragem

A massa de forragem foi mensurada no início dos períodos de rebrotação (pré-pastejo) por meio do corte ao nível do solo de toda a forragem contida no interior de três molduras retangulares de 0,5 m² (0,5 x 1,0 m), localizadas em áreas representativas das condições médias do dossel (AD e composição botânica). Após a colheita, a forragem foi pesada fresca e foram realizadas as separações botânica segundo o estado de senescência. Posteriormente, foram secas a 55°C, em estufa de ventilação forçada de ar, por 72 horas e, finalmente, pesadas. Foi feita uma amostragem de massa vegetal ao final dos períodos 3 e 6, apesar de não atingirem a IL alvo dos tratamentos.

Nitrogênio acumulado na parte aérea das plantas

O N acumulado na parte aérea das gramíneas correspondeu ao somatório das quantidades de N depositado como serrapilheira, mais o N consumido oriundo das gramíneas em cada período. Do mesmo jeito foi calculado o N acumulado na parte aérea de leguminosas, só que foi subtraída delas a quantidade de N proveniente da fixação biológica. O N acumulado durante o ano foi estimado pelo somatório do N acumulado na parte aérea de gramíneas e leguminosas durante cada período.

Deposição e decomposição de serrapilheira

Inicialmente, em cada piquete foram fixadas aleatoriamente três molduras retangulares de 0,25 m² de área (0,25 m x 1,0 m) para remover todo o resíduo vegetal existentes sobre o solo e as dentro das molduras. Esta amostragem foi denominada de

serrapilheira existente (SE). Depois de 14 dias e nos mesmos pontos da coleta de SE foram realizadas novas amostragens, sendo denominado o material recolhido de serrapilheira depositada (SD). Feita a coleta da SD, três novos pontos foram remarcados e coletados, constituindo a SE_{t+14} . Assim, a cada 14 dias foram coletadas três amostras de SD e SE, respectivamente (BRUCE & EBERSOHN, 1982).

As amostras coletadas no campo foram acondicionadas em sacos de papel identificados e secas em estufa com circulação forçada de ar a 60°C por 72 horas para determinar seu peso seco. Posteriormente, as três sub-amostras viraram uma amostra por piquete, que foi moída para determinar os teores de matéria seca (MS) e de matéria orgânica (MO), utilizando-se estufa e mufla a 105 e 600°C, respectivamente.

Com as amostragens sucessivas de SE e SD, corrigidas pela MS e MO, foram calculadas a constante de decomposição ($k = -\ln [(SE - SD_{14}/SE)]/t$), taxa de deposição ($L = SD_{14}/t$), e tempo médio de vida ($t_{1/2} = \ln(2)/k$) da serrapilheira, onde t é o tempo de deposição (média de 14,9 dias), SD_{14} é a serrapilheira depositada numa área onde previamente foi retirada toda a serrapilheira existente e assumindo que durante t dias de deposição a degradação foi nula (REZENDE et al., (1999). Em cada período foram obtidas medias ponderadas para k , L e $t_{1/2}$.

Foram realizadas amostras compostas ponderadas de SE e SD em relação à massa seca coletada por piquete e período. O material foi moído fino em um moinho de rolos (ARNOLD & SCHEPERS, 2004) para a determinação de N total, ^{15}N , ^{13}C sob espectrometria de massa de relação isotópica, no laboratório de isótopos estáveis de Embrapa Agrobiologia.

Nas amostras compostas de SE e SD foram determinadas as proporções de C derivado de plantas leguminosa e gramínea utilizando a técnica do ^{13}C (LUDLOW et al., 1976; CANTARUTTI et al, 2002), calculando as proporções de Calopo e Marandu como:

$$\%C_{\text{Leg}} = 100 \times (\delta^{13}\text{C}_{\text{Ser}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{Br}}) / (\delta^{13}\text{C}_{\text{Leg}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{Br}})$$

Onde $\delta^{13}\text{C}_{\text{Ser}}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{Br}}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{Leg}}$ são as abundâncias de ^{13}C da serrapilheira do dossel consorciado, da gramínea e da leguminosa. As abundâncias foram determinadas em amostras compostas ponderadas das serrapilheira e do material morto de cada espécie coletados durante cada período. A porcentagem de carbono oriundo das leguminosas ou gramíneas foi utilizado para dividir proporcionalmente a quantidade de serrapilheira existente e a taxa de deposição de acordo às espécies que conformavam o dossel.

Foi determinada a deposição de N do sistema como o produto da taxa de deposição média do período para cada espécie, duração do período e concentração de N em amostras de material morto de cada forrageira em cada período. Anualmente foi totalizada a deposição de N como o somatório das quantidades depositadas nos períodos.

Consumo de nitrogênio

O consumo individual de N correspondeu à somatória do elemento consumido proveniente de cada forrageira (consumo de matéria seca de cada forrageira pelo conteúdo de N dela).

O consumo de matéria seca de cada espécie foi estimado mediante a equação:

$$\text{Consumo MS} = \text{Produção fecal} / (1 - (\text{digestibilidade}/100)).$$

Uma vez por período, durante três dias consecutivos e em diferentes horários (manhã, meio dia e tarde) foram tomadas amostras retais das fezes dos animais pastejando o consórcio e de cada espécie vegetal do dossel misto por simulação do pastejo (DE VRIES, 1995). As amostragens de cada material viraram uma amostra composta e foram analisadas para $\delta^{13}\text{C}$ e conteúdo de N por espectrometria de massa. Adicionalmente, a digestibilidade foi determinada separadamente, em cada fração vegetal.

A produção fecal total, estimada com a metodologia explicada no item posterior, foi fracionada em fezes derivadas do consumo de gramíneas ou leguminosas pela abundância de ^{13}C (JONES et al., 1979), pelo fato de que existe relação entre as abundâncias de ^{13}C nas fezes e dieta (MACEDO et al., 2010). A equação foi:

$$\%C_{\text{Leg}} = 100 \times (\delta^{13}\text{C}_{\text{Fez}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{Br}}) / (\delta^{13}\text{C}_{\text{Leg}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{Br}})$$

Onde $\delta^{13}\text{C}_{\text{Fez}}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{Br}}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{Leg}}$ são as abundâncias de ^{13}C das fezes, das gramíneas e das leguminosas. A porcentagem de carbono fecal oriundo das leguminosas ou gramíneas foi utilizado para dividir proporcionalmente a quantidade total de fezes produzidas.

A digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca de amostras separadas de gramíneas e leguminosas foi determinada usando o incubador Daisy II, seguindo as indicações sugeridas pelo método três do fabricante (ANKOM Technology Corp., Fairport, NY).

Excreção fecal de nitrogênio

A excreção individual foi determinada mediante a multiplicação da produção fecal pela concentração de nitrogênio nas fezes. A produção fecal foi estimada em cada período (frequência de amostragem explicado previamente) pelo subministro oral (10 g animal⁻¹ dia⁻¹) do indicador externo dióxido de titânio durante 10 dias, sendo sete de adaptação e três de coleta retal de fezes. As fezes coletadas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 60°C por 72 horas, moídas e, posteriormente, foi feita uma amostra composta pelos três dias de coleta para a determinação colorimétrica de óxido de titânio (MYERS et al., 2004). À partir destes dados, foi calculada a produção fecal (massa seca) pela expressão:

$$\text{Quantidade de fezes (kg)} = 10 \text{ g} / [\text{g TiO}_2 \text{ kg fezes}^{-1}]$$

Excreção urinária de nitrogênio

Foi determinada individualmente mediante a multiplicação do volume urinário pela concentração de nitrogênio na urina.

Simultaneamente com a amostragem fecal, foram realizadas três coletas de urina spot durante três dias consecutivos, em diferentes horários em cada dia (manhã, meio dia e tarde). Para a conservação das amostras até o dia das análises no laboratório, as mesmas foram diluídas na proporção 9:1 com ácido sulfúrico 10 % e congeladas. Dos três dias amostrados, foi realizada uma amostra composta de cada animal por período para determinar as concentrações de creatinina (kit comercial Creatinina Cinética, Bioclin[®], Minas Gerais, Brasil) e de nitrogênio (método 920.87; AOAC, 2000).

A excreção de creatinina na urina é resultado do catabolismo muscular e tem relação linear com o peso corporal animal. A excreção diária de creatinina foi determinada pelo produto do peso corporal animal e a relação média de excreção diária em função do peso corporal do gado Nellore (25,9 mg kg⁻¹; SILVA, et al. 2012b). O volume urinário diário resultou da divisão da excreção total de creatinina (mg d⁻¹) pela concentração (mg l⁻¹) de creatinina na urina.

Consumo e excreção total de nitrogênio no sistema

Os consumos individuais de N total, de cada espécie forrageira e excreções urinárias e fecais foram convertidas em excreção por UA d⁻¹, usando o peso corporal animal e o fator de 500 kg UA⁻¹ (ALLEN et al., 2011).

Os consumos de N do sistema foram estimados como sendo o produto do consumo individual do elemento total, proveniente de cada espécie vegetal (g N UA⁻¹ d⁻¹), da taxa de lotação (UA ha⁻¹) e da duração do período (d). Anualmente foi totalizado o consumo do elemento como o somatório das quantidades estimadas nos períodos (kg ha⁻¹).

As excreções no sistema foram calculadas como sendo o produto da excreção individual (g N UA⁻¹ d⁻¹), da taxa de lotação (UA ha⁻¹) e da duração do período (d). Anualmente foi totalizada a excreção do elemento como o somatório das quantidades estimadas nos períodos (kg ha⁻¹).

Nitrogênio retido

Foi calculado como a diferença entre as quantidades consumidas e excretadas do elemento. A porcentagem de retenção do elemento foi o resultado do quociente da quantidade retida de N e a consumida. Anualmente foi totalizada a retenção (kg ha⁻¹ ano⁻¹) do elemento como sendo o somatório das quantidades estimadas nos períodos (kg ha⁻¹).

Perdas de nitrogênio

Do total das excreções urinárias e fecais de N no sistema, foi considerado uma perda de 50 e 5 %, respectivamente (BODDEY et al., 2004). Não foram contempladas perdas de N pela mineralização da matéria orgânica do solo, nem deposição atmosférica do elemento. Segundo Thomas et al. (1995), as perdas de N em sistemas a pasto sem adubação são pequenas e podem ser balanceadas pela fixação atmosférica do elemento que não foi considerada.

Quantificação da fixação biológica de N₂

A contribuição da fixação biológica de nitrogênio (FBN) foi quantificada pela técnica da abundância natural ¹⁵N desse isótopo (SHEARER & KOHL, 1986). Amostras da parte aérea do Calopo e espécies de plantas não fixadoras de N₂ foram

colhidas no pré-pastejo. As plantas fixadoras e não fixadoras cresceram sob o mesmo solo e regime de adubação (CARLSSON & HUSS-DANELL, 2014). As plantas-controle (não fixadoras) foram utilizadas como referência da abundância natural de ^{15}N disponível no solo. O material colhido foi seco a 65°C e moído fino, em um moinho de rolos (ARNOLD & SCHEPERS, 2004) e foi analisado o isótopo estável ^{15}N por espectrometria de massa, no laboratório de isótopos estáveis da Embrapa Agrobiologia.

A porcentagem de N derivada da FBN na planta (% FBN) foi calculada pela fórmula: $\% \text{ FBN} = [(\delta^{15}\text{N}_c - \delta^{15}\text{N}_{\text{leg}}) / \delta^{15}\text{N}_c - 'B'] * 100$ (SHEARER & KOHL, 1986), em que $\delta^{15}\text{N}_c$ e $\delta^{15}\text{N}_{\text{leg}}$ correspondem aos valores de abundância natural de ^{15}N das plantas-controle e da leguminosa, respectivamente. O valor 'B', referente à abundância natural do N fixado, considerando a discriminação isotópica do ^{15}N pelo processo da FBN, foi $-0,95 \text{ ‰}$, valor reportado por Boddey et al. (2000) para a parte aérea do Calopo.

A quantidade total de N da leguminosa derivada da FBN foi calculada pela multiplicação da % FBN pelo total de N acumulado na parte aérea pela leguminosa. O total de N acumulado na parte aérea pela leguminosa será o somatório das quantidades de N provenientes da leguminosa consumido e depositado na serrapilheira.

Análise Estatística

O delineamento experimental foi feito em blocos casualizados, com quatro tratamentos, quatro repetições e com medidas repetidas no tempo (períodos). Os dados foram analisados utilizando o método de modelos mistos (LITTELL et al., 1996), por meio do procedimento MIXED do software SAS (SAS Institute, Cary NC). Foi utilizado o critério de Informação de Akaike corrigido (AICc) para a escolha da estrutura de covariância. As médias dos tratamentos foram estimadas por meio do "LSMEANS", e a comparação entre elas foi realizada por meio da probabilidade da diferença ("PDIF"), usando-se o teste "t" de "Student", com nível de 10 % de probabilidade.

O modelo utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + A_j + \gamma_{ij} + E_k + (AE)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} = Valor observado no i-ésimo bloco, do j-ésimo manejo da desfolhação, do k-ésimo período avaliado;

μ = Média geral;

B_i = Efeito aleatório associado ao i -ésimo bloco, $i = 1,2,3,4$;

A_j = Efeito fixo associado a j -ésimo estratégia de desfolhação, $j = 1,2,3,4$;

γ_{ij} = Erro aleatório associado ao i -ésimo bloco no j -ésimo manejo da desfolhação.

E_k = Efeito fixo associado ao k -ésimo período avaliado, $k = 1,2,3$;

$(AE)_{jk}$ = Efeito da interação da j -ésimo manejo da desfolhação com o k -ésimo período avaliado;

ϵ_{ijk} = Erro aleatório associado ao i -ésimo bloco no j -ésimo manejo da desfolhação com o k -ésimo período avaliado (erro residual).

RESULTADOS

Interceptação da luz incidente no dossel forrageiro

A IL pré-pastejo mensurada nos dosséis foi 90,4; 95,1 e 98,2 % IL para as estratégias de desfolhação de 90IL, 95IL e 100IL respectivamente. As IL nos tratamentos 90IL e 95IL foram mantidas próximas da meta definida.

Massa de forragem

No inverno de 2014, a massa de Calopo foi de 1724 kg ha⁻¹, equivalendo a leguminosa a 37 % da composição botânica. Entre as primaveras de 2014 e 2015, já estabelecidas as ED, mas ainda no período pré-experimental, a massa de leguminosa diminuiu sensivelmente a 115 kg ha⁻¹ (2 % da massa total do dossel).

As massas total e de gramínea foram afetadas pela interação da ED e período (Tabela 3, $P < 0,054$). Geralmente, as maiores massas foram observadas no CL. Na transição os manejos 100IL e CL tiveram comportamento similar nas massas verde total e verde de gramínea. As ED 90IL ou 95IL sempre tiveram a menor quantidade de massa. Contudo, proporcionalmente à massa total, as desfolhações mais frequentes tiveram similares massas mortas total e de gramínea, que o 100IL.

O CL apresentou maiores massas vegetal e de gramínea (86 e 94 %, respectivamente) quando comparado à média das estratégias de desfolhação (90IL, 95IL e 100IL). Porém, essa superioridade do CL também foi encontrada nas massas morta total e morta de gramínea, dobrando as estratégias de desfolhação (superioridade de 142 e 150 %, respectivamente). As proporções de massas morta total e morta de gramínea

respeito à massa total foram 46 e 45 % para o CL, enquanto para os manejos com desfolhação foram 35 e 34 %, respectivamente (Tabela 3).

A massa de leguminosa foi igual ($P = 0,362$) entre ED. Entretanto, teve variação ($P < 0,001$) nos diferentes períodos, tendo sido maior (211%), na transição, considerando-se a quantidade média de chuvas e secas (Tabela 4). Na composição botânica, a massa de leguminosa teve diferenças pela ED ($P = 0,023$) e pelo período ($P = 0,053$), correspondendo a 9,6 na transição vs. 2,5 e 5,4 % nos períodos chuvosos e de secas, respectivamente. As ED 90IL e 95IL tiveram maior proporção de leguminosa que 100IL e CL (7,9, 8,5 vs. 3,6 e 3,4 %, respectivamente).

Serrapilheira

As médias para o conteúdo total de C e $\delta^{13}\text{C}$ do Marandu e Calopo foram 454 e 459 g C kg de matéria seca e -12,3 e -25,5 ‰, respectivamente. Utilizando-se o total de C e de $\delta^{13}\text{C}$ das forrageiras e os valores de $\delta^{13}\text{C}$ para as serrapilheiras depositadas e existentes foi possível calcular a proporção de leguminosa e gramínea da mistura (Tabela 1). De modo geral, a proporção de leguminosa nas serrapilheira depositada ou existente foi maior quando os pastejos foram mais frequentes, especialmente no 95IL.

As taxas de deposição de massas orgânicas total ($P < 0,001$), de gramínea ($P < 0,08$) e leguminosa ($P < 0,066$) foram afetadas pela interação ED e período (Tabela 5). A taxa de deposição de massa orgânica total foi superior (85 %) no CL em respeito às estratégias pastejadas em todos os períodos. Dentro de 95IL e CL se apresentaram maiores valores nas secas e chuvas, respectivamente. As ED 90IL e 100IL não tiveram diferenças entre períodos.

A deposição de massa orgânica de gramínea sempre foi superior no CL (106 %) quando comparado às médias das demais ED. Excetuando-se o período chuvoso, onde as estratégias pastejadas tiveram iguais taxas de deposição de serrapilheira de gramínea, na transição e secas 90IL e 95IL foram iguais, porém menores que 100IL.

A taxa de deposição de serrapilheira de leguminosa foi igual em todas as ED no período chuvoso, mas depois o 100IL tem o menor valor. O 95IL teve entre as maiores médias de deposição durante a experiência, mas destaca-se a deposição ao final da experiência (secas) como a mais alta do experimento, relacionando-se com a taxa de deposição de massa orgânica de serrapilheira total (Tabela 5).

A constante de decomposição da massa orgânica de serrapilheira não foi afetada pela ED ($P = 0,288$), período ($P = 0,450$) ou sua interação ($P = 0,259$), sendo sua média $0,035 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$.

O tempo médio de vida da massa orgânica de serrapilheira não apresentou diferença entre as estratégias pastejadas e foram superiores ao CL (38,12 vs. 31,89 d). Durante as chuvas o tempo médio de vida foi 31 % superior aos períodos de transição e seco, que não apresentaram diferenças entre eles.

A massa orgânica existente de serrapilheira total e de gramínea no CL foi maior ($P < 0,001$) quando comparado a 100IL, e este a sua vez maior que 95IL e 90IL, sem diferenças entre eles (307,8, 211,9, 181,3, 185,9 g m^{-2} e 269,5, 179,5, 130,0 e 139,6 g m^{-2} , respectivamente, Tabela 6). A massa orgânica existente de serrapilheira total foi afetada pelo período ($P = 0,003$); o período seco foi 21 % superior à média dos períodos chuvosos e de transição.

A massa orgânica de serrapilheira existente de leguminosa foi afetada pela interação entre ED e período ($P = 0,049$). No primeiro período (chuvoso), não houve diferenças entre as ED. Na transição, os menores valores foram encontrados em 95IL e 100IL. Durante as secas, o 95IL apresentou a maior massa de serrapilheira existente oriunda da leguminosa.

O nitrogênio total depositado pela serrapilheira no CL e 90IL superaram ($P < 0,001$) a 95IL, e este, por sua vez, maior que 100IL (41,2, 39,9, 36,4 e 27,2 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente). A deposição do elemento foi afetada pelo período ($P < 0,001$), sendo que nas secas foi maior (93 %) que nas chuvas e no período de transição.

As deposições de N de serrapilheira oriundas de gramínea ou leguminosa sofreram efeito da interação da ED e período ($P < 0,001$ e $P = 0,016$, respectivamente, Tabela 6). Independentemente do período, o N depositado das gramíneas foi superior nos manejos 90IL e CL. O 95IL e o 100IL tiveram um comportamento alternado. O N depositado pela serrapilheira oriunda de leguminosa foi similar entre ED no período chuvoso. Na transição, o maior e menor valor, foram apresentados no CL e 100IL, respectivamente, e o 90IL e 95IL tiveram um comportamento intermediário. Nas secas, o 95IL foi superior às demais ED.

Comportamento animal individual

A produção de fezes foi afetada pela ED (Tabela 7, $P = 0,023$). Animais pastando sob manejo de 90IL tiveram menor produção de fezes que os de 95IL e 100IL (2,75 vs. 3,49 e 3,34 kg UA⁻¹ dia⁻¹). A maior proporção de Calopo nas fezes foi obtida em pastejos mais frequentes (90IL, Tabela 2).

A digestibilidade das gramíneas não foi afetada pela ED ou período (62,91, 61,76, 61,46 % para 90IL, 95IL e 100IL, respectivamente). A digestibilidade de leguminosa foi diferente para todas as ED ($P = 0,069$) com valores de 68,30, 65,56 e 63,58 % para 95IL, 90IL e 100IL, respectivamente.

Os consumos de MS total ($P = 0,095$), de gramínea ($P = 0,056$) e a MS consumida em relação ao peso vivo ($P = 0,096$) apresentaram diferenças devidas à ED. O consumo total de matéria seca e o consumo em relação ao peso vivo foram maiores e menores no 95IL e 90IL (9,49 vs. 7,83 kg UA⁻¹ dia⁻¹ e 1,90 vs. 1,56 %), 100IL apresentou valor intermediário a ambos (8,39 kg UA⁻¹ dia⁻¹ e 1,68 %). O consumo de gramínea foi igual no 95IL e 100IL (7,70 e 7,32 kg UA⁻¹ dia⁻¹), e ambos superiores a 90IL (5,73 kg UA⁻¹ dia⁻¹). O consumo de leguminosa foi afetado pela interação ED e período ($P = 0,083$) sendo diferente no 100IL só no períodos de secas. Nas ED 90IL e 100IL o consumo de leguminosa foi maior na transição, contudo, no 95IL foi maior no final do experimento (período seco) (Tabela 7).

Os consumos de N total ($P = 0,032$), oriundo de gramínea ($P = 0,048$) ou leguminosa ($P = 0,076$) foram afetados pela ED (Tabela 8). Os consumos de N total e oriundo de gramínea foram maiores no 90IL e 95IL quando comparadas a 100IL (184, 175 vs. 113 e 101, 107 vs. 77 g UA⁻¹ dia⁻¹). Guardando relação com o consumo de MS de Calopo, a ingesta de N proveniente da leguminosa foi maior no 90IL e menor no 100IL (84 vs. 36 g UA⁻¹ dia⁻¹). O 95IL teve um comportamento intermediário (69 g UA⁻¹ dia⁻¹). O consumo de N de Calopo foi menor ($P = 0,071$) no período das chuvas aumentando na transição (de 45 a 78 g UA⁻¹ dia⁻¹). Nas secas, teve um valor intermediário aos períodos mencionados (66 g UA⁻¹ dia⁻¹).

A proteína bruta da dieta consumida pelos bovinos foi afetada pela interação ED e período ($P < 0,001$). Em todos os períodos a ED 100IL teve o menor conteúdo de proteína. Contrariamente, o 90IL sempre foi maior. O 95IL teve conteúdo de proteína intermediário, menor e maior em chuvas, transição e secas, respectivamente.

A excreção fecal de N não foi afetada pela ED ou período. As excreções total e urinária nas ED 90IL e 95IL foram superiores a 100IL (161 e 155 vs. 110 e 104 e 90 vs. 58 g UA⁻¹ dia⁻¹).

A retenção individual de N não foi afetada pela ED, o período ou sua interação com valores médios de 24, 20 e 3 g UA⁻¹ dia⁻¹ para 90IL, 95IL e 100IL, respectivamente (Tabela 8).

Comportamento do sistema

A taxa de lotação e consumos de N total, de gramínea ou de leguminosa não foram afetados pela ED, mas sim pelo período ($P < 0,010$, Tabela 9), sendo todas as variáveis mencionadas maiores na transição seguidas dos períodos de chuvas e secas nessa ordem (4,49, 3,06 e 1,12 UA ha⁻¹, 75, 52 e 46 kg ha⁻¹, 40, 36 e 30 kg ha⁻¹ e 35, 18 e 16 kg ha⁻¹, respectivamente). O consumo de N oriundo de leguminosa só foi afetado pelo período (Tabela 9, $P = 0,009$), sendo maior e menor na transição e secas, respectivamente. O N do Calopo representou 46 e 34 % do consumo total do elemento nas ED 90IL e 95IL ou 100IL, respectivamente.

O período afetou ($P < 0,001$) todas as excreções de N no sistema, com valores 54, 87, 15 kg ha⁻¹; 31, 54, 9 kg ha⁻¹ e 24, 34, 6 kg ha⁻¹ para as excreções total, urinária e fecal nos períodos chuvoso, transição e seco, respectivamente (Tabela 10). Em todas as excreções, o maior valor se produziu na transição, seguido dos períodos de chuva e secas, nessa ordem, situação essa, que guarda relação com os períodos de maior consumo do elemento. A ED afetou ($P = 0,078$) a excreção urinária e a perda do elemento por esta via, com maiores e menores valores no 90IL e 100IL (42 vs. 24 kg ha⁻¹ e 21 vs. 12 kg ha⁻¹, respectivamente). O 95IL teve valores intermediários (28 e 14 kg ha⁻¹).

A quantidade de N reciclado dos dejetos animais no sistema foi afetada pelo período (Tabela 10, $P < 0,001$) e também guardou relação com as variações de consumo nos diferentes períodos. Durante a transição e secas registrou-se o maior e menor valor (59 e 10 kg ha⁻¹) e nas chuvas, a quantidade foi intermediária (38 kg ha⁻¹, Tabela 10).

O N retido no sistema não foi afetado pela ED ($P = 0,407$), período ($P = 0,205$) ou sua interação ($P = 0,767$), apresentado um valor médio por período de 6,1 kg ha⁻¹ (Tabela 10).

O N acumulado na parte aérea das plantas total e de gramíneas foi afetado pela interação da ED e período ($P < 0,007$, Tabela 11). Durante todos os períodos ambas variáveis foram superiores e inferiores no 90IL e CL, respectivamente. As ED 95IL e 100IL tiveram flutuações apresentando iguais valores que 90IL e 100IL na transição e

secas, respectivamente. Durante as chuvas ambas variáveis no 95IL e 100IL tiveram valor intermediário a 90IL e CL. O N acumulado na parte aérea das leguminosas variou em todos os períodos ($P = 0,024$) com valores de 17,2, 10,5 e 6,88 kg ha⁻¹ na transição, secas e chuvas, respectivamente (Tabela 11).

A porcentagem de FBN média foi 66,14. Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ máximos e mínimos para o Calopo e plantas não fixadoras foram -0,660 a 4,301 ‰ (média de 1,078 ‰) e 2,649 a 7,929 ‰ (média de 4,891 ‰), respectivamente. A quantidade de N fixado biologicamente (FBN) foi afetada pela interação ED e período ($P = 0,008$). Só no período seco houve diferenças entre as ED, apresentando 95IL e 100IL o maior e menor valor, respectivamente, pela sua parte o 90IL e CL tiveram valor intermediário (Tabela 11).

O balanço de N no sistema foi superior ($P = 0,001$) durante o período de secas quando comparado às chuvas ou transição (17,72 vs. 2,39 e -3,06 kg ha⁻¹). Nos períodos, o balanço médio geral foi 5,69 kg ha⁻¹, sendo 3,21 e 13,1 kg ha⁻¹ para as estratégias pastejadas e CL, respectivamente. (Tabela 11). Anualmente, o balanço médio foi 7 e 41 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para as estratégias pastejadas e CL, respectivamente (Figura 2).

DISCUSSÃO

A participação média do Calopo na composição botânica do dossel durante o experimento aumentou, mas foi inferior à proporção de 20 – 45 % recomenda para consórcios tropicais (ANDRADE et al., 2015). A maior participação do Calopo foi atingida no 90IL, no período de transição (14 %), seguida de 95IL (11 %) tanto na transição, como nas secas (Tabela 4).

No consórcio de Calopo e *B. decumbens*, a proporção de 13-23 % de leguminosa na massa forrageira (acúmulo de 2600-5200 kg MS ha⁻¹ ano⁻¹ fixando entre 60-117 kg N ha⁻¹ ano⁻¹) foi suficiente para a produção bovina sustentável (CADISCH et al. 1994). Os resultados do presente experimento concordam com a simulação de Cadisch et al. (1994) porque com a modesta participação média de 7 % de Calopo na composição botânica do dossel e FBN de 76 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ (Figura 2) existe um balanço positivo nas estratégias de desfolhação animal.

Cadisch et al. (1994) indicaram que o valor desejável de participação das leguminosas nos dosséis mistos depende do acúmulo de N e da capacidade do consórcio de fixar e transferir o elemento. Além disso, a presente experiência não contempla a rizodeposição que em condições do mediterrâneo oscilou de 7 a 11 % da FBN

(CARRANCA et al., 2015) mas que podem variar entre 4 e 71 % (FUSTEC et al., 2010).

Com o avanço do experimento e o aumento da massa de Calopo, a proporção de leguminosa na serrapilheira foi se incrementando, especialmente nas ED mais frequentes (90IL e 95IL). No manejo menos frequente (100IL), se observa uma diminuição da proporção de leguminosa nas serrapilheiras depositada e existente no período de transição, que aumentam no final até atingir o nível inicial. No CL, a proporção de leguminosa da serrapilheira existente permanece quase inalterada durante o experimento (Tabela 1).

As maiores taxas de deposição de massa orgânica total, de gramínea e massa orgânica existentes de serrapilheira total e de gramínea do CL foram esperadas porque toda a produção vegetal teria esse destino ao não ter consumo animal. As maiores taxas de deposição do CL no início do experimento, se devem ao fato de que muito material vegetal acumulado do manejo já estabelecido no ano anterior ficava ainda preso nas plantas e foi desprendido delas e mensurado como serrapilheira no início das chuvas (Tabela 5).

A maior taxa de deposição e quantidade de serrapilheira existente de Calopo no 95IL durante o período seco obedece à maior quantidade de material morto da leguminosa nesta ED, sobretudo no final da experiência (Tabela 4 e 5).

O menor tempo de vida da serrapilheira do CL poderia ser devido à deposição de um material menos recalcitrante ou à maior atividade de degradação no nível do solo, sendo esta última uma causa mais coerente, devido ao fato de que o material depositado no CL possui atributos que se relacionariam com maior recalcitrância, como são os menores conteúdos de N e maior relação C:N quando comparado ao depositado nas estratégias pastejadas (0,50 vs. 0,78 % de N e 93:1 vs. 63:1, respectivamente). Thomas & Asakawa (1993) reportaram diminuição na liberação do N nas serrapilheiras depositadas com relações C:N acima de 1:109.

Durante as chuvas (início do experimento), o tempo médio de vida da serrapilheira foi superior aos períodos de transição e seco, fato que poderia ser justificado pela maior deposição de serrapilheira, oriunda da gramínea nesse período (Tabela 5), fazendo que o início de degradação a serrapilheira tivesse uma relação de C:N maior (78:1 vs. 72:1) e com menor conteúdo de N (0,59 vs. 0,71 % de N) em respeito aos outros períodos.

Os valores, constante de decomposição da massa orgânica e tempo de vida média da massa orgânica foram diferentes dos reportados por Boddey et al. (2004) em pastagem solteiras de *Brachiaria humidicola* (0,035 vs. 0,075 g g⁻¹ d⁻¹ e 36,6 vs. 9,5 d), fato que poderia sugerir um material depositado mais resistente à degradação no consórcio estudado.

A quantidade de N depositado pela serrapilheira da gramínea se relaciona com a taxa de deposição de matéria orgânica de serrapilheira dessas plantas. Quando comparados com as ED 95IL e 100IL, os dosséis não pastejados (CL) tiveram maior deposição de matéria orgânica e, portanto, de N dessa origem (Tabela 5 e 6).

A respeito do CL, o 90IL teve menores taxas de deposição de massa orgânica total e de gramínea, mas foram iguais na deposição de N total (Tabelas 5 e 6). Considerando que o N é muito móvel dentro da planta e que antes de morrer a estrutura vegetal o elemento é transloucado a pontos de metabolismo ativo, é possível evidenciar que maiores frequências de utilização da pastagem ocasionariam, por efeito do pastejo animal (principalmente pisoteio), o ingresso ao solo de maior quantidade de material vegetal que possivelmente, não estava em condição de senescência e portanto ostentava maior concentração de N (0,87 vs. 0,50 %). Este efeito também foi observado por Cantarutti et al. (2002), mas pelo aumento na taxa de lotação.

A maior deposição de N oriundo de leguminosa via serrapilheira apresentado no 95IL tem relação direta com a maior taxa de deposição de massa orgânica de leguminosa nesta ED durante as secas (Tabela 5 e 6). Em geral, nas ED acontece um aumento na deposição de massa orgânica e N de leguminosa no final do experimento, que é consequência da senescência dessa planta e que acontece durante as secas, fenologia do Calopo descrita por Fonseca & Martuscello (2010).

Apesar das estratégias pastejadas possuírem iguais taxas de lotação (média de 2,88 UA ha⁻¹), estas não tiveram relação com as diferentes deposições de N total (maior e menor no 90IL e 100IL, respectivamente, com 95IL intermediário e diferente a ambos, Tabela 6) ou de serrapilheira total e de gramínea, onde 100IL superou a 90IL e 95IL (Tabela 5). A deposição de serrapilheira oriunda de leguminosa foi maior no 95IL. Contrariamente, Cantarutti et al. (2002) observaram diminuição de 11 e 30 % na deposição de N ao passar de 2 a 3 e de 2 a 4 animais ha⁻¹.

Sem diferenças na digestibilidade de gramínea nas ED (média 62 %), o menor consumo de matéria seca total corresponde à menor produção de fezes no 90IL (Tabela

7). No 90IL a elevada frequência de desfolhação ocasionou pastejos com menor altura do dossel, que afetariam a massa do bocado e, com isso, o consumo total de matéria seca (CHACON & STOBBS, 1976), mas aumentando o consumo de leguminosa pelos bovinos. Contrariamente, no 95IL o maior consumo de matéria seca poderia ser explicado por possível maior oferta vegetal e por um dossel de melhor estrutura que permitiu um tamanho do bocado maior.

Dosséis solteiros de Marandu manejados a 95IL pré-pastejo e 15 cm de altura residual, condições similares ao presente experimento, proporcionaram aos animais um cenário para a obtenção de dieta com elevada proporção de lâminas foliares (TRINIDADE et al., 2007). A porcentagem de folhas e densidade de material verde (folhas e caule) da massa vegetal no dossel são os principais fatores que influenciam a ingestão dos animais em pastejo (CHACON & STOBBS, 1976)

A proporção de consumo de leguminosa em relação ao consumo total diminuiu conforme os pastejos foram menos frequentes 27, 19 e 13 % para 90IL, 95IL e 100IL, respectivamente. Estas diferenças foram mais marcantes no final do experimento, no 100IL. E a diminuição do consumo de Calopo dessa ED poderia se relacionar ao escasso aporte da leguminosa na composição botânica (1,9 %). A diminuição no consumo de leguminosa no 100IL também foi observada por Gomes et al. (2018).

Quando comparados com os resultados do presente experimento, os obtidos por Gomes et al. (2018) em animais pastejando consórcios de Marandu e Amendoim forrageiro evidenciam superioridade (23 %) no consumo de matéria seca em relação ao peso corporal. Contudo, a superioridade no consumo de gramínea foi menor (12 %) quando comparada à apresentada nas leguminosas (39 %), ratificando a pouca aceitabilidade do Calopo.

Os consumos de MS ($\text{kg UA}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, Tabela 7) e N individual ($\text{g UA}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, Tabela 8) e por área (kg ha^{-1} , Tabela 9) estiveram representados maioritariamente pelo aporte da gramínea consumida (73, 81, 87 %; 55, 61, 68 % e 54, 66, 66 % para 90IL, 95IL e 100IL, respectivamente). Devido a essas proporções e que essas plantas dependem principalmente do N disponível no solo, pelo menos 77 % do elemento acumulado na parte aérea das plantas foi devido ao crescimento das gramíneas (Tabela 11).

O conteúdo de proteína bruta na dieta foi aumentando linearmente na medida em que os pastejos foram mais frequentes e explica o maior consumo total individual de N

nos manejos 90IL e 95IL (184 e 175 vs. 113 g UA⁻¹ dia⁻¹, Tabela 8), ainda que o 100IL teve valor intermediário no consumo total de MS (Tabela 7).

Diferenças nos consumos de matéria seca de gramínea ou leguminosa (Tabela 7) tiveram influência nos consumos de N proveniente delas (Tabela 8) e onde 100IL teve menores valores. A quantidade e a proporção do N oriundo de leguminosa aumentaram na medida em que os pastejos foram mais frequentes (40, 36, 30 kg ha⁻¹ e 45, 39, 32 % para 90IL, 95IL e 100IL, respectivamente).

Apesar de ter menor consumo individual de leguminosa, a ED 100IL teve maior diferença entre a relação de massa de leguminosa/massa de forragem pré e pós-pastejo (Tabelas 2 e 3, Artigo 1). Isso pode sugerir maiores perdas por pisoteio devido ao fato de a leguminosa tentar ir ao topo do dossel para competir pela radiação luminosa com frequências de desfolhação pouco frequentes.

A menor produção de fezes no 90IL foi amortecida pela concentração de N nelas, ocasionado que a excreção diária de N individual por essa via fosse igual entre ED (Tabelas 7 e 8). Porém, a excreção individual total de N foi maior nas ED 90IL e 95IL, fato devido à maior excreção urinária que obedece ao maior consumo do elemento nessas ED. Como aconteceu nesta pesquisa, a maior alteração na excreção de N ocorre a nível urinário. A metanálise feita por Luo e Kelliher (2014) mostra que a excreção de N urinário aumenta linearmente (R^2 0,70, $P < 0,01$) com o incremento do N dietético, enquanto que, nas fezes, o acréscimo na excreção do elemento é menos acentuada (R^2 0,23, $P < 0,01$).

Embora sem diferenças estatísticas, a baixa quantidade de N retido nos animais pastejando 100IL (Tabela 8) pode sugerir que estes consumiram uma dieta onde a fração nitrogenada, além de ser menor, estaria numa forma química pouco disponível ao animal. Trindade et al. (2007), observaram em dosséis de Marandu manejados a 95IL e 100IL que a composição da extrusa de bovinos fistulados no esôfago pastejando a última estratégia de desfolhação apresentou menor proporção de lâminas folhaves e maiores de material morto e colmos.

Outra explicação possível para o baixo valor médio de retenção no 100IL foi porque no último período do experimento (secas) obteve-se um valor negativo (-5,04 g UA⁻¹ dia⁻¹). Durante as secas a IL do 100IL só atingiu 96,4 %, mas os piquetes foram pastejados ao final do experimento com o intuito de ter, no mínimo, uma medição durante o período. Durante esse período, apresentaram as menores massa total e verde,

mas a maior massa seca. E, embora não haja efeito do período ou interação ED pelo período sobre o consumo ou excreção de N, aconteceram os menores valores para o 100IL durante as secas, sendo sua retenção negativa (Tabela 8). Devido às diminuídas massas e estrutura do dossel (maior massa seca), a ocupação dos piquetes foi menor (média de 58,33 % do tempo estimado) e esse fato contemplaria a existência de um efeito residual de degradação ruminal do material consumido pelos bovinos nos piquetes onde permaneciam previamente e que seria medido como excreção devida ao consumo no 100IL.

Diferente do comportamento individual no sistema, os consumos (total, de gramínea, e de leguminosa) e excreções de N (total e das fezes) não foram afetados pela ED ($P > 0,136$). A explicação deve-se à menor excreção individual total de N no 100IL que foi amortecida pela taxa de lotação atingida, embora esta última não apresentasse diferenças estatísticas entre ED e teve o valor médio de 2,89 UA ha⁻¹ (Tabela 9 e 10).

No sistema, a excreção urinária de N apresentou diferenças estatísticas (Tabela 10) que se relacionariam com as diferenças individuais obtidas (Tabela 8).

Cadisch et al. (1994) estimou que para um sistema consorciado de Calopo manejado com 2,35 UA ha⁻¹ um consumo de 142 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, similar aos 138 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ ingeridos no 100IL (Figura 2) mas com taxa de lotação superior (2,94 UA ha⁻¹). A ED 95IL com taxa de lotação ligeiramente maior (11 %, 2,6 UA ha⁻¹) teve um consumo proporcionalmente maior (16 %; 165 kg N ha⁻¹ ano⁻¹). Os cenários mostram que o manejo da desfolhação estaria afetando a desfolhação ainda mais que a taxa de lotação, ao fomentar consumo de uma dieta de diferente conteúdo de N.

A maioria (>70 %) do N consumido pelos ruminantes é excretado como urina ou fezes com risco de lixiviação ou emissão de N₂O (LEDGARD et al., 2009). Thomas et al. (1992), assume no modelo desenvolvido para o ciclo do N em pastagens que 90% do N ingerido pelos animais é excretado. No presente estudo, o N excretado pelos animais foi 87,5 % do consumido para 90IL e 95IL, mas atingiu 97,6 % no 100IL.

Igualmente ao comportamento individual, a retenção de N nos sistemas não apresentaram diferenças estatísticas entre ED (Tabela 10). Considerando que o peso vivo animal contém só 2,5 % de N (THOMAS et al., 1992), a retenção individual e do sistema (Figura 2) se corresponderam com ganhos de peso corporal individual e por área estimados de 622 g UA⁻¹ dia⁻¹ e 733 kg ha⁻¹ ano⁻¹, superiores aos 435 e 311 g UA⁻¹ dia⁻¹ e 317 e 453 kg ha⁻¹ ano⁻¹ reportados para bovinos manejados sob taxas de lotação

de 2 e 4 animais ha^{-1} , respectivamente, pastejando *Brachiaria humidicola* consorciada com *Desmodium ovalifolium* (PEREIRA et al., 2009).

Sendo que o N perdido da urina é uma fração constante da excreção urinária (50 %, BODDEY et al., 2004), ambos tiveram o mesmo comportamento, sendo maior e menor no 90IL e 100IL, respectivamente, com 95IL apresentando um valor intermediário e sem diferenças às outras ED (Tabela 10). Porém, em respeito à quantidade total de N excretado, as perdas urinárias foram proporcionalmente maiores enquanto as ED eram mais frequentes 31, 29 e 27 % para 90IL, 95IL e 100IL, respectivamente, como resultado de um maior consumo do elemento (Tabela 10, Figura 2).

O maior N acumulado na parte aérea das leguminosas durante a transição (Tabela 11) se deve à maior massa de Calopo (Tabela 4), cujo destino foi o maior consumo individual (Tabela 8) e por área (Tabela 9) nesse período. Entretanto, nas secas o consumo do sistema de N oriundo de leguminosa diminui produto da menor taxa de lotação ($1,12 \text{ UA ha}^{-1}$, Tabela 9), apesar do consumo individual se manter intermediário aos outros períodos (Tabela 8). Finalmente, o destino da massa vegetal de Calopo durante as secas foi ser depositada como serrapilheira (Tabela 5).

Embora sem diferenças estatísticas, a maior FBN na medida em que os pastejos são mais frequentes pode ser devida às maiores exigências de N, ocasionadas pelo pastejo animal. Thomas (1995), comprovou que conforme se incrementa a utilização de pastagem pelos animais, também se incrementa a necessidade de ingresso de N ao sistema, porque o consumo animal do elemento incrementa sua perda. Por outro lado, o autor indica que o N inorgânico do solo inibe a FBN. No CL as perdas do elemento pelo consumo animal são nulas e o N vegetal quase em sua totalidade estaria voltando ao solo pela ciclagem via serrapilheira, mineralizando-se e suprimindo o requerido pelo dossel.

A FBN média dos dosséis pastejados estudados ($76 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, Figura 2) foi similar à estimada por Seiffert et al. (1985) no consórcio de Calopo e *Brachiaria* sob lotação de $2,5 \text{ UA ha}^{-1}$ ($81 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). No entanto, os autores assumiram que a maioria do N contido na massa gerada pelo crescimento da leguminosa derivou-se da FBN em virtude de que a gramínea é grande consumidora do N disponível no perfil do solo e que não estimaram a porcentagem de FBN, que na presente pesquisa teve como

média 66,14 %. Cadish et al. (1994) assumiu o valor de 84 kg ha⁻¹ ano⁻¹ produto de 90 % FBN do Calopo baseado nos dados estimados de Seiffert et al. (1985).

O balanço de N superior durante as secas (Tabela 11) foi devido à deposição como serrapilheira da quase totalidade de massa vegetal de Calopo que morreu durante esse período, como parte de sua fenologia. Além disso, pelo crescimento vegetal ter sido quase nulo nessa fase, os piquetes foram pouco pastejados e, portanto, no sistema existiram os menores consumos, excreções e consequentes perdas do elemento.

O balanço positivo de N nas diferentes ED (Figura 2) diferem dos cenários negativos achados por Boddey et al. (2004) em pastagens tropicais solteiras de *Brachiaria humidicola*, com valores de -34,-30, -57 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ para taxas de lotação de 2, 3, e 4 animais ha⁻¹. Os autores ressaltam que aumentos na taxa de lotação sem fertilização nitrogenada de manutenção leva a pastagem a um declínio e degradação.

Apesar das magnitudes médias atingidas serem muito divergentes (Figura 2), não houve diferenças estatísticas no balanço de N nas diferentes ED (Tabela 11). A variação experimental ou falta de poder estatístico pelo número de unidades experimentais poderiam ser as causas.

CONCLUSÃO

O consórcio de Marandu e Calopo conseguiu um balanço de nitrogênio positivo independentemente da estratégia de desfolhação para sistemas sob pastejo com taxas de lotação anual variando entre 2,60 e 3,14 UA ha⁻¹.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, V. G.; BATELLO, C.; BERRETTA, et al. An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v. 66, p. 2-28, 2011.
- ANDRADE, C. M. S. de; FERREIRA, A. S.; CASAGRANDE, D. H. Uso de leguminosas em pastagens: potencial para consórcio compatível com gramíneas tropicais e necessidades de manejo do pastejo. In: **Simpósio sobre Manejo da Pastagem**, 27., 2015, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2015. p. 113-151
- AOAC. Official methods of analysis. 17th ed. **Assoc. O. Anal. Chem.**, Arlington, VA. 2000.
- ARNOLD, S L & SCHEPERS, J S. A simple roller-mill grinding procedure for plant and soil samples. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.35, p.537-545, 2004

BODDEY, R. M. et al. Use of the ^{15}N natural abundance technique to quantify biological nitrogen fixation by woody perennials. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 57, n. 3, p. 235-270, 2000.

BODDEY, R.; MACEDO R.; TARRE, R.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O.; REZENDE, C.; CANTARUTTI, R.; PEREIRA, J.; ALVES, B.; 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.

BRUCE, R.C.; EBERSOHN, J.P. Litter measurements in two grazed pastures in southeast Queensland. **Tropical Grasslands**, v.16, n.4, p.180-185, 1982

CADISCH, G.; SCHUNKE, R.; GILLER, K. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. **Tropical grasslands**, v. 28, p. 43-43, 1994.

CANTARUTTI, R B; TARRÉ, R M; MACEDO, R; CADISCH, G; REZENDE, C D P; PEREIRA, J M; BRAGA, J M; GOMIDE, J A; FERREIRA, E; ALVES, B J R; URQUIAGA, S; BODDEY, R M. The effect of grazing intensity and the presence of a forage legume on nitrogen dynamics in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.64, p.257-271, 2002.

CARLSSON, G.; HUSS-DANELL, K. Does nitrogen transfer between plants confound ^{15}N -based quantifications of N_2 fixation?. **Plant and soil**, v. 374, n. 1-2, p. 345-358, 2014.

CARRANCA, C; TORRES, M; MADEIRA, M. Underestimated role of legume roots for soil N fertility. **Agronomy for Sustainable development**, v. 35, n. 3, p. 1095-1102, 2015.

CHACON, E.; STOBBS, T. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 27, n. 5, p. 709-727, 1976.

COSTA, N. Adubação nitrogenada e consorciação de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon) com leguminosas forrageiras tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 401-408, 1995.

DE VRIES, M.F.W. Estimating forage intake and quality in grazing cattle: consideration of the hand-plucking method. **Journal of Range Management**, v.48, p.370-375, 1995

DUBEUX, J.; SOLLENBERGER, L.; VENDRAMINI, J.; STEWART JR. R.; INTERRANTE, S. Litter mass, deposition rate, and chemical composition in bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Science**, v. 46, n. 3, p. 1299-1304, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

EUCLIDES, V. et al. Produção de bovinos em pastagens de *Brachiaria* spp. consorciadas com *Calopogonium mucunoides* nos cerrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 2, p. 238-245, 1998

FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas Forrageiras**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. MG. Ed. UFV. 2010

FUSTEC, J. et al. Nitrogen rhizodeposition of legumes. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 30, n. 1, p. 57-66, 2010.

GIMENES, F.M. de A. et al. Ganho de peso e produtividade animal em capim marandu sob pastejo rotativo e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.751-759, 2011.

GOMES, F. et al. 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.

HERRERO, M. et al. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 5, p. 452, 2016.

JONES, R J; LUDLOW, M M; TROUGHTON, J H; BLUNT, C G. Estimation of the proportion of C3 and C4 plant species in the diet of animals from the ratio of natural ¹²C and ¹³C isotopes in the feces. **Journal of Agricultural Science**, v.92, n.1,p.91-100, 1979.

LEDGARD, S. et al. Environmental impacts of grazed clover/grass pastures. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, 209-226, 2009.

LEMAIRE, G. et al. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 4-8, 2014.

LITTELL, R.C; MILLIKEN, G. A.; STROUP, W. W.; WOLFINGER, R. D.; SCHABENBERGER, O. **SAS System for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633 p.

LIU, K.; SOLLENBERGER, L.; SILVEIRA, M.; NEWMAN, Y.; VENDRAMINI, J. Grazing intensity and nitrogen fertilization affect litter responses in ‘Tifton 85’ bermudagrass pastures: I. Mass, deposition rate, and chemical composition. **Agronomy journal**, v. 103, n. 1, p. 156-162, 2011.

LUDLOW, M.M.; THOUGHTON, J.H.; JONES, R.J. A technique for determination of the proportion of C₃ and C₄ species in plant samples using stable natural isotopes of carbon. **Journal of Agriculture Science**, v.87, p.625-632, 1976

LUO, J.; KELLIHER, F. **Partitioning of animal excreta N into urine and dung and developing the N₂O inventory**. Ministry for Primary Industries, 2014.

MACEDO, R.; TARRÉ, R.; REZENDE, C D P; PEREIRA, J M; CADISCH, G; ROUWS, J B 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.

MENEZES, R. C.; ALVES, E. B.; CASAGRANDE, D. R.; LARA, M. A. S.; EVANGELISTA, A. R.; BERNARDES, T. F. Xaraés palisadegrass remains productive after the disappearance of stylo in tropical legume-grass pasture. **Sci. agric.** (Piracicaba, Braz.), Piracicaba, v. 72, n. 6, p. 484-488, 2015.

MYERS, W.D.; LUDDEN, P.A.; NAYIGIHUGU, V. et al. Technical Note: a procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. **Journal of Animal Science**, v.82, n.1, p.179-183, 2004

PEDREIRA, B.; PEDREIRA, C. G.; SILVA, S. C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de Brachiaria brizantha cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 281-287, 2007

PEREIRA, J. et al. Productivity of Brachiaria humidicola pastures in the Atlantic forest region of Brazil as affected by stocking rate and the presence of a forage legume. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 83, n. 2, p. 179-196, 2009.

PEREIRA, J.; GOMES, F.; OLIVEIRA, M.; LARA, M.; BERNARDES, T.; CASAGRANDE. 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.

REZENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R. M.; MACEDO, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K. E.; BODDEY, R. M. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Bonn, v. 54, n. 2, p. 99-112, 1999

SÁ JUNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, S. S.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.108, p.1-7, 2012.

SEIFFERT, N.; ZIMMER, A. Contribución de *Calopogonium mucunoides* al contenido de nitrógeno en pasturas de *Brachiaria decumbens*. **Pasturas Tropicales**, v. 10, n. 3, p. 8-13, 1988

SEIFFERT, N.; ZIMMER, A.; SCHUNKE, R.; BEHLING-MIRANDA, C. Reciclagem de nitrogênio em pastagem consociada de *Calopogonium mucunoides* com Brachiaria decumbens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 5, p. 529-544, 1985.

SHEARER, G.; KOHL, D.H. N₂-fixation in field settings: estimations based on natural ¹⁵N abundance. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.13, p.699-756, 1986

SILVA, H.; DUBEUX J.; DOS SANTOS M.; LIRA M.; LIRA JR. M.; MUIR J. Signal grass litter decomposition rate increases with inclusion of Calopo. **Crop science**, v. 52, n. 3, p. 1416-1423, 2012.

SILVA, L. F. C.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Creatinine excretion and relationship with body weight of Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 807-810, 2012.

SOUSSANA, J.; LEMAIRE, G. Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 9-17, 2014.

THOMAS, R. et al. The role of pastures in production systems. **Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Pastures for the tropical lowlands. Cali, Colombia**, p. 121-144, 1992.

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

THOMAS, R.; ASAKAWA, N. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 10, p. 1351-1361, 1993.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Grass and forage science**, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.

TRINIDADE, J. K. et al. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 883-890, 2007.

VENDRAMINI, J.; DUBEUX JR, J; SILVEIRA M. Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, 2014.

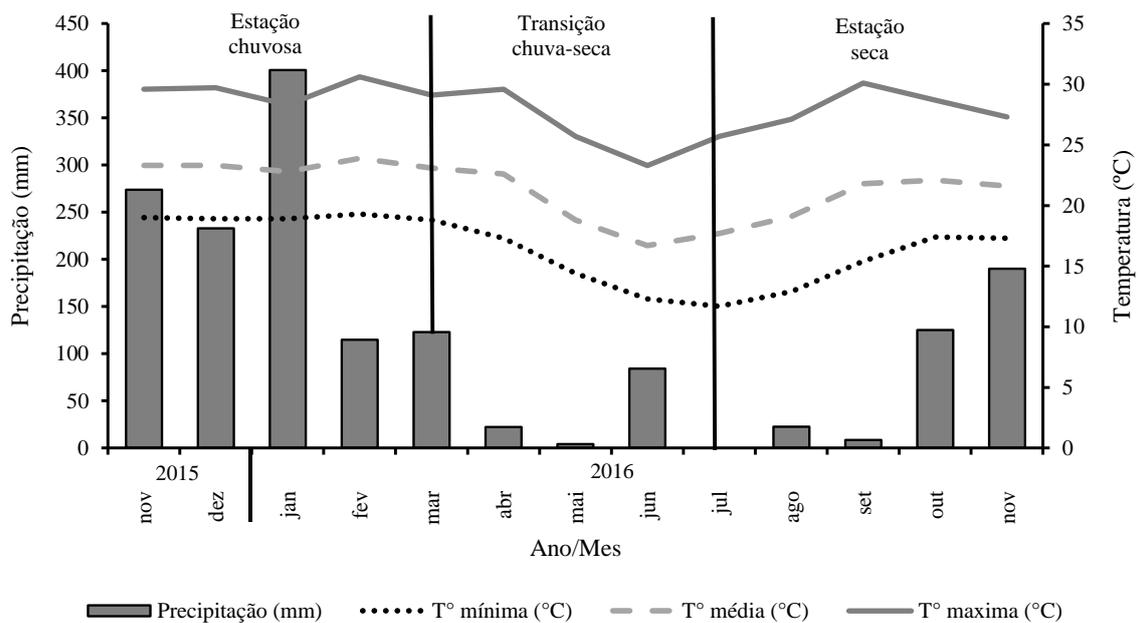


Figura 1. Médias climáticas mensais de Lavras-MG, durante os diferentes estações do ano baseados nas condições de crescimento vegetal.

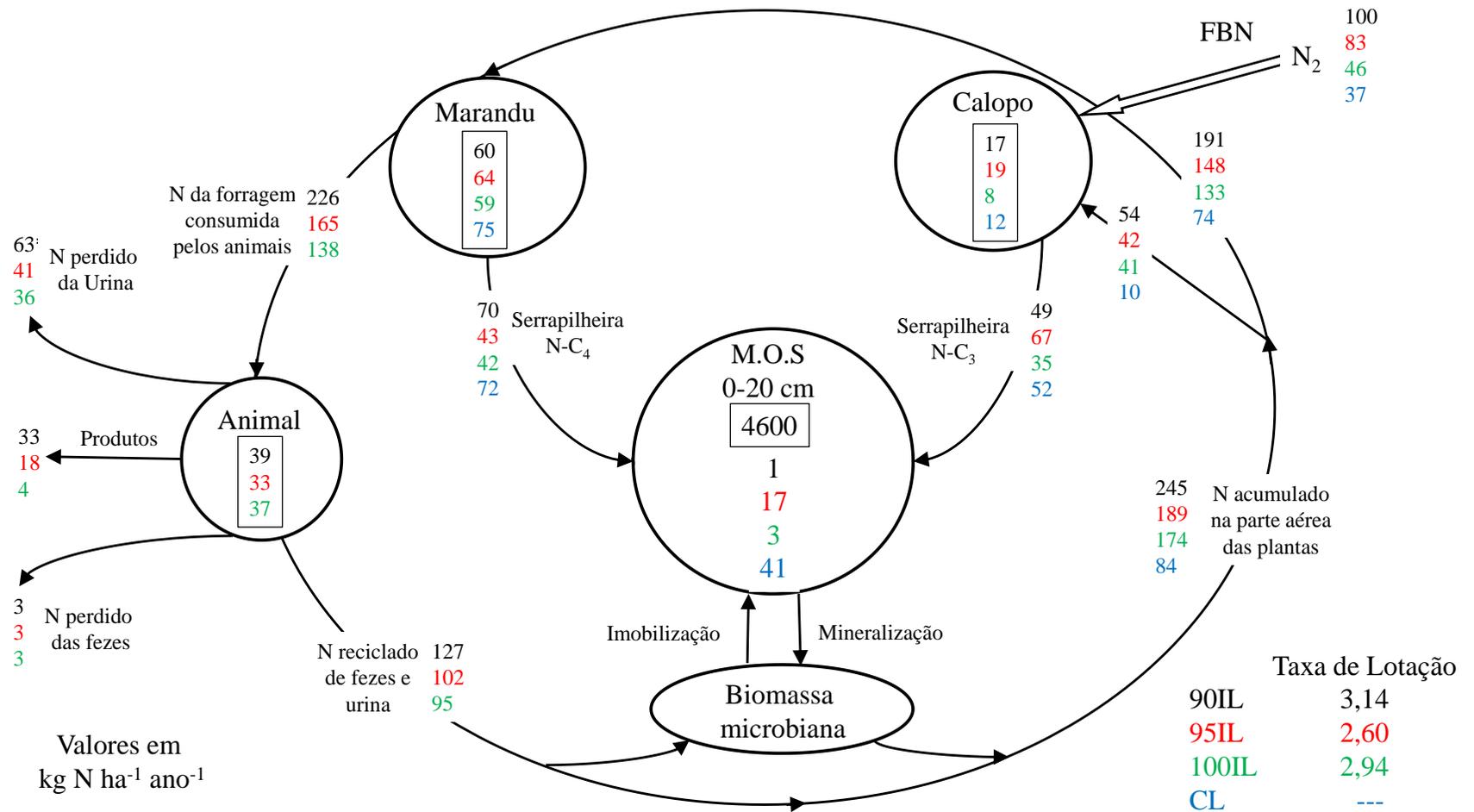


Figura 2. Diagrama da ciclagem de nitrogênio no consórcio de Marandu com Calopo sob diferentes manejos do pastejo. Valores dos retângulos representam o tamanho do compartimento (kg N ha^{-1}) e os outros valores são os fluxos ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ ano}$)

Tabela 1. Abundância natural de ^{13}C e porcentagens de gramínea e leguminosa em serrapilheira depositada e existente no consórcio misto de Marandu e Calopo sob diferentes manejos da desfolhação.

	Período	Estratégia de desfolhação			
		90IL	95IL	100IL	CL
Serrapilheira depositada cada 14 dias					
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	CH	-14,48	-15,22	-14,75	-14,05
	T	-14,53	-15,42	-13,80	-14,06
	S	-16,41	-17,88	-15,15	-14,49
	Média	-15,14	-16,17	-14,57	-14,20
Porcentagem de gramínea	CH	80,88	79,86	82,63	88,82
	T	80,31	75,72	88,97	83,17
	S	70,49	57,08	78,51	84,16
	Média	77,23	70,89	83,37	85,38
Porcentagem de leguminosa	CH	19,12	20,14	17,37	11,18
	T	19,69	24,28	11,03	16,83
	S	29,51	42,92	21,49	15,84
	Média	22,77	29,11	16,63	14,62
Serrapilheira existente					
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	CH	-14,74	-14,54	-14,64	-13,99
	T	-15,51	-14,89	-13,81	-12,16
	S	-16,06	-17,86	-14,66	-14,04
	Média	-15,44	-15,76	-14,37	-13,40
Porcentagem de gramínea	CH	79,00	85,16	83,52	89,29
	T	73,09	79,66	88,90	85,26
	S	73,23	57,23	82,21	87,58
	Média	75,11	74,02	84,87	87,38
Porcentagem de leguminosa	CH	21,00	14,84	16,48	10,71
	T	26,91	20,34	11,10	14,74
	S	26,77	42,77	17,79	12,42
	Média	24,89	25,98	15,13	12,62

CH: estação chuvosa, T: transição chuva-seca, S: estação seca

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

CL: crescimento livre de pastejo

Tabela 2. Abundancia natural de ^{13}C e porcentagens de gramínea e leguminosa em fezes de bovinos pastejando consórcios misto de Marandu e Calopo sob diferentes manejos da desfolhação.

	Período	Estratégia de desfolhação		
		90IL	95IL	100IL
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	CH	-13,47	-12,82	-13,27
	T	-15,91	-13,28	-14,42
	S	-16,19	-15,90	-14,08
	Média	-15,19	-14,00	-13,92
Porcentagem de gramínea	CH	85,71	89,52	86,89
	T	71,33	86,82	80,11
	S	69,66	71,38	82,14
	Média	75,57	82,57	83,05
Porcentagem de leguminosa	CH	14,29	10,48	13,11
	T	28,67	13,18	19,89
	S	30,34	28,62	17,86
	Média	24,43	17,43	16,95

CH: estação chuvosa, T: transição chuva-seca, S: estação seca

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

Tabela 3. Massas pré pastejo total e de gramínea (kg MS ha⁻¹) do consórcio de *B. brizantha* e *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação (ED) e período de estudo (PE)

Período	Estratégia de desfolhação				Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL	CL			ED	PE	ED*PE
Massa total									
CH	6206,5 ^{Bab}	6389,7 ^{Ba}	6940,2 ^{Bb}	11894,0 ^{Aa}	7857,5	845,8	0,002	<0,001	0,007
T	6641,9 ^{Ca}	7363,6 ^{Ca}	9533,8 ^{Ba}	12561,0 ^{Aa}	9025,1				
S	5041,2 ^{Bb}	5998,7 ^{Ba}	5671,0 ^{Bc}	12706,0 ^{Aa}	7354,3				
Média	5963,2	6584,0	7381,6	12387,0					
Massa verde total									
CH	4388,8 ^{Ca}	4774,0 ^{BCb}	5200,1 ^{Bb}	8194,3 ^{Aa}	5639,3	576,3	<0,001	<0,001	<0,001
T	4417,3 ^{Ba}	5246,4 ^{Ba}	6774,8 ^{Aa}	6911,7 ^{Ab}	5837,5				
S	2434,3 ^{Bb}	2970,3 ^{Bc}	2480,1 ^{Bc}	4999,0 ^{Ac}	3220,9				
Média	3746,8	4330,2	4818,3	6701,7					
Massa morta total									
CH	1817,7 ^{Ba}	1615,7 ^{Bb}	1740,1 ^{Bb}	3699,7 ^{Ac}	2218,3	583,7	<0,001	<0,001	0,014
T	2224,6 ^{Ba}	2117,1 ^{Bab}	2759,0 ^{Ba}	5649,3 ^{Ab}	3187,5				
S	2607,0 ^{Ba}	3028,5 ^{Ba}	3190,9 ^{Ba}	7707,0 ^{Aa}	4133,3				
Média	2216,4	2253,8	2563,3	5685,3					
Massa total de gramínea									
CH	5990,4 ^{Ba}	6172,4 ^{Ba}	6815,0 ^{Bb}	11703,0 ^{Aa}	7670,3	862,0	<0,001	0,023	0,054
T	5707,9 ^{Ca}	6489,4 ^{Ca}	8842,6 ^{Ba}	11780,0 ^{Aa}	8205,0				
S	4707,8 ^{Ba}	5332,4 ^{Ba}	5580,6 ^{Bb}	12434,0 ^{Aa}	7013,7				
Média	5468,7	5998,1	7079,4	11973,0					
Massa verde de gramínea									
CH	4176,1 ^{Ca}	4558,5 ^{BCa}	5075,0 ^{Bb}	8005,0 ^{Aa}	5453,6	486,3	<0,001	<0,001	<0,001
T	3562,5 ^{Cb}	4433,4 ^{Ba}	6108,6 ^{Aa}	6153,0 ^{Ab}	5064,4				
S	2366,8 ^{Bc}	2709,6 ^{Bb}	2423,1 ^{Bc}	4875,7 ^{Ac}	3093,8				
Média	3368,4	3900,5	4535,6	6344,6					
Massa morta de gramínea									
CH	1814,3 ^{Ba}	1613,9 ^{Bb}	1740,1 ^{Bb}	3698,3 ^{Ac}	2216,6	591,7	<0,001	<0,001	0,013
T	2145,5 ^{Ba}	2055,9 ^{Bab}	2734,0 ^{Ba}	5627,3 ^{Ab}	3140,7				
S	2341,0 ^{Ba}	2611,8 ^{Ba}	3157,5 ^{Ba}	7558,7 ^{Aa}	3920,0				
Média	2100,2	2097,5	2543,9	5628,1					

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas ($P < 0,10$) pela estratégia da desfolhação ou período de estudo, respectivamente.

CH: estação chuvosa, T: transição chuva-seca, S: estação seca

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

CL: crescimento livre de pastejo

Tabela 4. Massa pré pastejo de leguminosa (kg MS ha⁻¹) do consórcio de *B. brizantha* e *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação (ED) e período de estudo (PE)

Período	Estratégia de desfolhação				Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL	CL			ED	PE	ED*PE
Massa total de leguminosa									
CH	216,2	217,2	125,1	190,7	187,3 ^b	114,4	0,362	<0,001	0,801
T	934,0	874,2	691,2	781,0	820,1 ^a				
S	333,5	666,4	90,4	216,2	340,5 ^b				
Média	494,5	585,9	302,2	414,6					
Massa verde de leguminosa									
CH	212,7	215,4	125,1	189,3	185,6 ^b	122,2	0,757	<0,001	0,791
T	854,8	813,0	666,2	759,0	773,2 ^a				
S	67,5	260,7	57,0	123,3	127,1 ^b				
Média	378,3	429,7	282,8	357,2					
Massa morta de leguminosa									
CH	3,5	1,8	0,0	1,3	1,7 ^c	53,6	0,049	<0,001	0,159
T	79,2	61,2	25,0	22,0	46,9 ^b				
S	266,0	405,7	33,4	148,3	213,3 ^a				
Média	116,2 ^{AB}	156,2 ^A	19,5 ^C	57,2 ^{BC}					
Massa de leguminosa/Massa Total									
CH	0,034	0,031	0,018	0,016	0,025 ^c	0,023	0,053	<0,001	0,214
T	0,141	0,110	0,070	0,063	0,096 ^a				
S	0,062	0,112	0,019	0,023	0,054 ^b				
Média	0,079 ^A	0,085 ^A	0,036 ^B	0,034 ^B					

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas (P<0,10) pela estratégia da desfolhação ou período de estudo, respectivamente.

CH: estação chuvosa, T: transição chuva-seca, S: estação seca

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

CL: crescimento livre de pastejo

Tabela 5. Taxas de deposição ($\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$), constante de decomposição ($\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$) e tempo médio de vida (dias) da serrapilheira no consórcio de *B. brizantha* e *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação (ED) e período de estudo (PE)

Período	Estratégia de desfolhação				Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL	CL			ED	PE	ED*PE
Taxa de deposição da massa orgânica total									
CH	3,720 ^{Ba}	3,459 ^{Bb}	3,985 ^{Ba}	8,528 ^{Aa}	4,923	0,753	<0,001	0,700	<0,001
T	3,903 ^{Ba}	3,689 ^{Bab}	4,758 ^{Ba}	7,261 ^{Ab}	4,902				
S	4,008 ^{Ba}	4,182 ^{Ba}	4,435 ^{Ba}	6,494 ^{Ab}	4,780				
Média	3,877	3,777	4,393	7,428					
Taxa de deposição da massa orgânica de gramínea									
CH	3,008 ^{Ba}	2,827 ^{Ba}	3,255 ^{Bb}	7,613 ^{Aa}	4,176	0,682	<0,001	0,020	0,008
T	3,108 ^{Ca}	2,783 ^{Ca}	4,243 ^{Ba}	6,053 ^{Ab}	4,047				
S	2,810 ^{Ca}	2,417 ^{Ca}	3,483 ^{Bb}	5,497 ^{Ab}	3,552				
Média	2,975	2,676	3,660	6,388					
Taxa de deposição da massa orgânica de leguminosa									
CH	0,715 ^{Ab}	0,715 ^{Ab}	0,728 ^{Aab}	0,881 ^{Aa}	0,760	0,268	0,032	0,002	0,066
T	0,795 ^{Ab}	0,985 ^{Ab}	0,515 ^{Bb}	1,184 ^{Aa}	0,870				
S	1,195 ^{Ba}	1,852 ^{Aa}	0,950 ^{Ba}	0,971 ^{Ba}	1,242				
Média	0,902 ^{bc}	1,184 ^a	0,731 ^c	1,012 ^{ab}					
Constante de decomposição da massa orgânica									
CH	0,038	0,020	0,028	0,050	0,034	0,007	0,288	0,450	0,259
T	0,043	0,050	0,025	0,037	0,039				
S	0,023	0,033	0,030	0,037	0,038				
Média	0,034	0,034	0,028	0,041					
Tempo médio de vida da massa orgânica									
CH	45,81	50,91	47,04	29,56	43,33 ^a	4,310	0,032	0,031	0,442
T	27,08	33,90	35,48	30,02	31,62 ^b				
S	37,57	30,50	34,81	36,08	34,74 ^b				
Média	36,82 ^A	38,44 ^A	39,11 ^A	31,89 ^B					

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas ($P < 0,10$) pela estratégia da desfolhação ou período de estudo, respectivamente.

CH: estação chuvosa, T: transição chuva-seca, S: estação seca

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

CL: crescimento livre de pastejo

Tabela 6. Massa orgânica (g m⁻²) e nitrogênio depositado (kg ha⁻¹ ano⁻¹) da serrapilheira do consórcio de *B. brizantha* e *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação (ED) e período de estudo (PE)

Período	Estratégia de desfolhação				Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL	CL			ED	PE	ED*PE
Massa orgânica existente total									
CH	165,3	196,0	197,8	293,8	213,2 ^b	15,30	<0,001	0,003	0,242
T	161,2	148,1	181,8	317,1	201,9 ^b				
S	231,3	199,8	256,7	312,5	250,1 ^a				
Média	185,9 ^C	181,3 ^C	211,9 ^B	307,8 ^A					
Massa orgânica existente de gramínea									
CH	131,3	163,1	163,7	264,6	180,7	16,86	<0,001	0,180	0,183
T	117,6	116,2	161,6	270,3	166,4				
S	169,8	110,9	213,1	273,5	191,8				
Média	139,6 ^C	130,0 ^C	179,5 ^B	269,5 ^A					
Massa orgânica existente de leguminosa									
CH	33,97 ^{Ab}	30,66 ^{Ab}	34,07 ^{Aab}	29,22 ^{Aa}	31,98	15,69	0,326	0,002	0,049
T	43,55 ^{Ab}	29,65 ^{ABb}	19,53 ^{Bb}	46,90 ^{Aa}	34,91				
S	61,46 ^{Ba}	86,55 ^{Aa}	43,62 ^{Ba}	39,11 ^{Ba}	57,68				
Média	46,33	48,95	32,41	38,41					
N total depositado									
CH	32,57	25,64	18,47	37,57	28,56 ^b	5,14	<0,001	<0,001	0,117
T	27,53	24,31	22,16	32,52	26,63 ^b				
S	59,50	59,25	41,09	53,48	53,33 ^a				
Média	39,86 ^A	36,40 ^B	27,24 ^C	41,19 ^A					
N-gramínea depositado									
CH	22,08 ^{Ab}	15,07 ^{Ba}	7,71 ^{Cc}	25,00 ^{Ab}	17,46	2,37	<0,001	<0,001	<0,001
T	15,77 ^{Ac}	9,73 ^{Bb}	14,55 ^{Ab}	15,55 ^{Ac}	13,90				
S	32,52 ^{Aa}	18,04 ^{Ba}	19,71 ^{Ba}	31,78 ^{Aa}	25,51				
Média	23,46	14,28	13,99	24,11					
N-leguminosa depositado									
CH	10,49 ^{Ab}	10,72 ^{Ab}	10,75 ^{Ab}	12,81 ^{Ab}	11,19	4,57	0,011	<0,001	0,016
T	11,75 ^{ABb}	14,73 ^{ABb}	7,61 ^{Bb}	17,21 ^{Aab}	12,82				
S	26,98 ^{Ba}	41,35 ^{Aa}	21,38 ^{Ba}	21,94 ^{Ba}	27,91				
Média	16,41	22,27	13,25	17,32					

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas (P<0,10) pela estratégia da desfolhação ou período de estudo, respectivamente.

CH: estação chuvosa, T: transição chuva-seca, S: estação seca

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

CL: crescimento livre de pastejo

Tabela 7. Produção de fezes (kg UA⁻¹ dia⁻¹), digestibilidade de gramínea e leguminosa (%) e consumo de matéria seca bovina (kg UA⁻¹ dia⁻¹ e porcentagem em relação ao peso vivo) no consórcio de *B. brizantha* e *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação (ED) e período de estudo (PE)

Período	Estratégia de desfolhação			Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL			ED	PE	ED*PE
Produção de fezes								
CH	3,01	3,57	3,29	3,29				
T	2,58	3,62	3,71	3,30	0,27	0,023	0,432	0,679
S	2,66	3,27	3,05	2,99				
Média	2,75 ^B	3,49 ^A	3,34 ^A					
Digestibilidade de gramínea								
CH	64,06	61,95	62,45	62,82				
T	62,33	63,10	61,92	62,45	1,26	0,445	0,261	0,865
S	62,33	60,24	60,02	60,86				
Média	62,91	61,76	61,46					
Digestibilidade de leguminosa								
CH	67,20	66,61	65,88	66,56				
T	65,82	69,79	65,69	67,10	1,91	0,069	0,168	0,203
S	63,66	68,50	59,18	63,78				
Média	65,56 ^{AB}	68,30 ^A	63,58 ^B					
MS total consumida								
CH	8,54	9,55	8,69	8,92				
T	7,76	10,10	9,48	9,11	0,73	0,095	0,113	0,772
S	7,19	8,83	7,00	7,67				
Média	7,83 ^B	9,49 ^A	8,39 ^{AB}					
MS-gramínea consumida								
CH	7,14	8,42	7,89	7,82 ^a				
T	5,16	8,54	7,79	7,16 ^a	0,84	0,056	0,002	0,104
S	4,91	6,13	6,28	5,77 ^b				
Média	5,73 ^B	7,70 ^A	7,32 ^A					
MS-leguminosa consumida								
CH	1,40 ^{Ab}	1,12 ^{Ab}	0,80 ^{Ab}	1,11				
T	2,60 ^{Aa}	1,55 ^{Ab}	1,70 ^{Aa}	1,95	0,65	0,086	0,022	0,083
S	2,28 ^{Ab}	2,70 ^{Aa}	0,72 ^{Bb}	1,90				
Média	2,09	1,79	1,07					
MS consumida em relação ao peso vivo								
CH	1,71	1,91	1,74	1,79				
T	1,55	2,02	1,90	1,82	0,15	0,096	0,115	0,773
S	1,44	1,77	1,40	1,53				
Média	1,56 ^B	1,90 ^A	1,68 ^{AB}					

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas ($P < 0,10$) pela estratégia da desfolhação ou período de estudo, respectivamente.

CH: estação chuvosa, T: transição chuva-seca, S: estação seca

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

Tabela 8. Consumo, excreção, retenção de nitrogênio (g UA⁻¹ dia⁻¹) e conteúdo de proteína bruta da dieta consumida (%) dos bovinos no consórcio de *B. brizantha* e *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação (ED) e período de estudo (PE)

Período	Estratégia de desfolhação			Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL			ED	PE	ED*PE
N total consumido								
CH	168,31	146,38	115,77	143,49				
T	220,84	175,02	142,99	179,61	28,96	0,032	0,128	0,208
S	163,90	204,82	80,70	148,81				
Média	184,35 ^A	175,41 ^A	113,15 ^B					
N-gramínea consumido								
CH	107,38	102,83	84,65	98,28				
T	106,31	113,61	86,32	102,08	12,30	0,048	0,310	0,929
S	88,17	104,22	60,10	84,16				
Média	100,62 ^A	106,89 ^A	77,02 ^B					
N-leguminosa consumido								
CH	60,93	43,55	31,12	45,20 ^b				
T	114,53	61,41	56,67	77,54 ^a	21,63	0,076	0,071	0,128
S	75,74	100,61	20,60	65,65 ^{ab}				
Média	83,73 ^A	68,52 ^{AB}	36,13 ^B					
Conteúdo de PB da dieta consumida								
CH	12,25 ^{Ac}	9,63 ^{ABb}	8,53 ^{Bab}	10,13				
T	17,14 ^{Aa}	11,03 ^{Bb}	9,25 ^{Ba}	12,47	1,70	<0,001	0,002	<0,001
S	14,20 ^{Ab}	14,96 ^{Aa}	7,33 ^{Bb}	12,16				
Média	14,53	11,87	8,36					
Excreção total de N								
CH	155,14	137,44	107,39	133,32				
T	176,69	156,52	138,26	157,16	20,37	0,031	0,132	0,519
S	150,26	171,32	85,74	135,77				
Média	160,70 ^A	155,09 ^A	110,46 ^B					
Excreção urinária de N								
CH	97,18	73,49	55,30	75,29				
T	119,78	88,99	77,60	95,46	16,00	0,017	0,218	0,365
S	94,76	107,35	41,45	81,18				
Média	103,90 ^A	89,90 ^A	58,11 ^B					
Excreção fecal de N								
CH	57,96	64,06	52,10	58,04				
T	56,91	67,53	60,66	61,70	9,25	0,395	0,444	0,792
S	55,50	63,97	44,29	54,59				
Média	56,79	65,19	52,35					
N retido								
CH	13,17	8,94	8,38	19,16				
T	44,15	18,50	4,73	22,46	18,23	0,434	0,426	0,246
S	13,65	33,50	-5,04	14,04				
Média	23,65	20,31	2,69					

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas (P<0,10) pela estratégia da desfolhação ou período de estudo, respectivamente.

PB: proteína bruta

CH: estação chuvosa, T: transição chuva-seca, S: estação seca

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

Tabela 9. Taxa de lotação (UA ha⁻¹) e consumo animal de nitrogênio (kg ha⁻¹) no consórcio de *B. brizantha* e *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação (ED) e período de estudo (PE)

Período	Estratégia de desfolhação			Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL			ED	PE	ED*PE
Taxa de lotação								
CH	3,31	2,71	3,15	3,06 ^b				
T	4,60	4,29	4,59	4,49 ^a	0,36	0,148	<0,001	0,960
S	1,49	0,80	1,09	1,12 ^c				
Média	3,14	2,60	2,94					
N total consumido								
CH	73,65	50,32	47,64	57,20 ^b				
T	127,96	90,55	81,03	99,84 ^a	13,66	0,136	<0,001	0,655
S	24,18	14,58	9,17	15,98 ^c				
Média	75,26	51,81	45,94					
N-gramínea consumido								
CH	47,49	37,54	35,26	40,09 ^b				
T	60,67	60,97	49,36	57,00 ^a	5,61	0,288	<0,001	0,889
S	12,91	9,27	6,52	9,57 ^c				
Média	40,36	35,93	30,38					
N-leguminosa consumido								
CH	26,15	15,35	12,39	17,96 ^b				
T	67,29	32,15	31,67	43,70 ^a	10,55	0,719	0,009	0,719
S	11,27	7,88	2,65	7,27 ^c				
Média	34,91	18,46	15,57					

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas (P<0,10) pela estratégia da desfolhação ou período de estudo, respectivamente.

CH: estação chuvosa, T: transição chuva-seca, S: estação seca

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

Tabela 10. Excreção, perdas e retenção animal de nitrogênio (kg ha^{-1}) no consórcio de *B. brizantha* e *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação (ED) e período de estudo (PE)

Período	Estratégia de desfolhação			Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL			ED	PE	ED*PE
N total excretado								
CH	68,03	49,22	45,88	54,37 ^b				
T	102,89	80,16	79,17	87,41 ^a	11,88	0,224	<0,001	0,897
S	22,32	13,92	9,01	15,08 ^c				
Média	64,41	47,77	44,84					
N excretado na urina								
CH	42,61	26,83	23,33	30,92 ^b				
T	69,06	46,62	44,81	53,50 ^a	8,38	0,078	<0,001	0,537
S	13,89	9,26	4,46	9,20 ^c				
Média	41,85 ^A	27,57 ^{AB}	24,20 ^B					
N excretado nas fezes								
CH	25,42	23,09	22,54	23,69 ^b				
T	33,84	34,25	34,36	34,15 ^a	4,04	0,898	<0,001	0,993
S	8,43	5,37	4,55	6,11 ^c				
Média	22,56	20,90	20,48					
N perdido da urina								
CH	21,31	13,42	11,67	15,46 ^b				
T	34,53	23,31	22,40	26,75 ^a	4,19	0,078	<0,001	0,537
S	6,95	4,63	2,23	4,60 ^c				
Média	20,93 ^A	13,79 ^{AB}	12,10 ^B					
N perdido das fezes								
CH	1,27	1,15	1,13	1,19 ^b				
T	1,69	1,71	1,72	1,71 ^a	0,20	0,898	<0,001	0,993
S	0,42	0,27	0,23	0,31 ^c				
Média	1,13	1,04	1,02					
N reciclado								
CH	45,45	34,96	33,08	37,83 ^b				
T	66,67	55,45	55,05	59,06 ^a	7,62	0,349	<0,001	0,976
S	14,95	9,34	6,55	10,28 ^c				
Média	42,36	33,25	31,56					
N retido								
CH	5,62	3,13	1,76	3,51				
T	25,07	12,42	1,86	13,12	7,56	0,407	0,205	0,676
S	1,87	2,69	0,16	1,57				
Média	10,85	6,08	1,26					

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas ($P < 0,10$) pela estratégia da desfolhação ou período de estudo, respectivamente.

CH: estação chuvosa, T: transição chuva-seca, S: estação seca

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

Tabela 11. Nitrogênio acumulado na parte aérea das plantas, fixação biológica e balanço de nitrogênio (kg ha^{-1}) no consórcio de *B. brizantha* e *C. mucunoides* sob efeito da estratégia de desfolhação (ED) e período de estudo (PE)

Período	Estratégia de desfolhação				Média	EPM	Valor P		
	90IL	95IL	100IL	CL			ED	PE	ED*PE
N acumulado na parte aérea das plantas									
CH	81,87 ^{Ab}	59,14 ^{Bb}	49,32 ^{Bb}	27,98 ^{Ca}	54,57				
T	103,30 ^{Aa}	86,16 ^{Aa}	87,42 ^{Aa}	19,15 ^{Ba}	74,00	21,42	<0,001	<0,001	0,006
S	60,06 ^{Ac}	40,25 ^{Bc}	36,96 ^{Bc}	36,14 ^{Ba}	43,35				
Média	81,74	61,85	57,90	27,75					
N acumulado na parte aérea das gramínea									
CH	69,58 ^{Aa}	52,61 ^{Bb}	42,97 ^{Bb}	25,00 ^{Cab}	47,54				
T	76,44 ^{Aa}	70,70 ^{Aa}	63,91 ^{Aa}	15,55 ^{Bb}	56,65	14,58	<0,001	<0,001	0,001
S	45,43 ^{Ab}	27,32 ^{Bc}	26,23 ^{Bc}	31,78 ^{Ba}	32,69				
Média	63,81	50,21	44,37	24,11					
N acumulado na parte aérea das leguminosa									
CH	12,30	6,71	6,34	2,16	6,88 ^c				
T	26,86	15,64	23,52	2,78	17,20 ^a	3,99	0,198	0,024	0,679
S	14,63	13,11	10,73	3,54	10,50 ^b				
Média	17,93	11,82	13,53	2,83					
Fixação biológica de nitrogênio									
CH	24,34 ^{Ab}	18,93 ^{Ab}	16,79 ^{Aa}	10,28 ^{Aa}	17,58				
T	52,19 ^{Aa}	30,80 ^{Aab}	15,76 ^{Aa}	14,05 ^{Aa}	28,20	25,97	0,216	0,008	0,036
S	23,62 ^{Bb}	35,68 ^{Aa}	13,29 ^{Ca}	18,02 ^{BCa}	22,65				
Média	33,38	28,47	15,28	14,12					
Balanço de nitrogênio									
CH	-3,86	1,93	2,23	9,26	2,39 ^b				
T	-9,11	-5,93	-10,22	13,04	-3,06 ^b	5,59	0,365	0,001	0,261
S	14,39	28,81	10,67	17,01	17,72 ^a				
Média	0,48	8,27	0,89	13,10					

Letras diferentes maiúsculas ou minúsculas denotam diferenças estatísticas ($P < 0,10$) pela estratégia da desfolhação ou período de estudo, respectivamente.

CH: estação chuvosa, T: transição chuva-seca, S: estação seca

90IL: dossel manejado a 90 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

95IL: dossel manejado a 95 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

100IL: dossel manejado a 100 % de interceptação luminosa como critério de início do pastejo

CL: crescimento livre de pastejo