

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

José Charlis Alves Andrade

**MANEJO DO PASTEJO PARA O CAPIM-MARANDU EM SISTEMAS
SILVIPASTORIS COM ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Diamantina

2019

José Charlis Alves Andrade

**MANEJO DO PASTEJO PARA O CAPIM-MARANDU EM SISTEMAS
SILVIPASTORIS COM ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Márcia Vitória Santos
Coorientador: Dr. Leandro Diego da Silva

**Diamantina
2019**

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

A553m

Andrade, José Charlis Alves

Manejo do pastejo para o capim-marandu em sistemas silvipastoris com adubação nitrogenada / José Charlis Alves Andrade, 2020.

83 p. : il.

Orientadora: Márcia Vitória Santos

Coorientador: Leandro Diego da Silva

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2020.

1. *Brachiaria brizantha*. 2. Sombreamento. 3. Eucalipto. 4. Interceptação luminosa. I. Santos, Márcia Vitória. II. Silva, Leandro Diego da. III. Título. IV. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 633.2

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecária Nádia Santos Barbosa, CRB-6/3468

JOSÉ CHARLIS ALVES ANDRADE

**Manejo do pastejo para o capim-marandu em sistemas silvipastoris
com adubação nitrogenada**

Dissertação apresentada ao
MESTRADO EM ZOOTECNIA, nível
de MESTRADO como parte dos
requisitos para obtenção do título de
MESTRE EM ZOOTECNIA

Orientador (a): Prof.^a Dr.^a Márcia
Vitória Santos

Co-orientador: Dr. Leandro Diego da
Silva

Data da aprovação : 30/08/2019


Prof.Dr.^a MÁRCIA VITÓRIA SANTOS - UFVJM


Dr. LEANDRO DIEGO DA SILVA - UFVJM


Prof.Dr. CLEUSE ANDRADE BOARI - UFVJM


Prof.Dr. LEONARDO DAVID TUFFI SANTOS - UFMG

DEDICO

Ao Deus todo PODEROSO, pela sua bondade, fidelidade e misericórdia.

Aos meus pais, irmãs e sobrinhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Senhor meu Deus Todo Poderoso que por meio do seu filho Jesus Cristo me deu vida em abundância e que esteve comigo em todos os momentos (inclusive nas madrugadas) me fortalecendo todos esses anos para que eu pudesse chegar de pé até aqui. A Ele seja dada toda HONRA, toda GLÓRIA e todo o LOUVOR. Obrigado Senhor!

Aos meus pais José Mendes Cardoso Andrade e Maria Nicélia Alves Andrade, que me ensinaram e transmitiram a sabedoria para viver que nenhum conhecimento literário pode trazer.

As minhas irmãs Flaviana Aparecida Alves Oliveira e Fabiana Aparecida Alves Oliveira e meus sobrinhos Paulo Eduardo Alves de Oliveira e Maria Fernanda Alves de Oliveira que sempre me apoiaram e me deram condições principalmente emocionais de estar concluindo este sonho.

A professora Márcia Vitória Santos pela orientação, compreensão e pela amizade, ensinando-me a valorizar cada conquista e as coisas simples da vida, a sempre buscar vencer as limitações com cabeça erguida e com determinação e que nos momentos decisivos da minha vida acadêmica mostrou-se presente, me aconselhando e encorajando a prosseguir.

Ao pós-doutorando Leandro Diego da Silva pela amizade, disponibilidade e prontidão em ajudar nas mais diversas atividades, pelas palavras de animo, pela alegria transmitida nos momentos difíceis e comprometimento com os resultados.

A Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) e ao Departamento de Zootecnia (DZO).

Aos funcionários, técnicos, professores e alunos da pós-graduação e pós-doutorado do DZO por todos os anos de convivência, pelas experiências transmitidas, amizades conquistadas e pelos ensinamentos alcançados.

A todos os membros ativos e que já participaram do núcleo de estudos em Sistemas Agroflorestais (NESAF's) pelo companheirismo, dedicação, momentos de diversão e pelo apoio nas atividades desenvolvidas.

A todos meus eternos agradecimentos.

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

“Não to mandei eu? Esforça-te e tem bom ânimo; não pases, nem te espantes, porque o SENHOR, teu Deus, é contigo, por onde quer que andares”.

Josué 1.9 (Bíblia Sagrada)

RESUMO

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (capim-marandu) destaca-se pelo fato de ocupar aproximadamente 50% das pastagens cultivadas no Brasil e por apresentar boa tolerância e produtividade sob sombreamento moderado. Seu manejo em monocultivo já está elucidado, todavia é necessário verificar metas de manejo também em sistemas sombreados. Sendo assim o presente estudo foi proposto com o objetivo de definir metas de manejo do pastejo do capim-marandu em sistema silvipastoril com adubação nitrogenada nos espaçamentos 12x2 e 12x3m. O delineamento utilizado foi o de parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas foram compostas por eucalipto (nos espaçamentos 12x2 e 12x3 m) consorciados com capim-marandu e o monocultivo do capim-marandu. As subparcelas foram três doses de nitrogênio (N) (0, 100 e 200 kg ha⁻¹). As plantas foram cortadas para estimativa da produção, taxa de acúmulo e eficiência da adubação nitrogenada após os pastos cultivados a pleno sol atingirem 95% da interceptação luminosa (IL). Nesse momento todas as parcelas foram cortadas, mesmo as submetidas ao sombreamento. Observou-se que houve efeito da interação entre arranjo de plantio e dose de nitrogênio sobre a IL. Dentre as doses de nitrogênio nos sistemas consorciados, a menor IL foi observada para o tratamento sem adubação. Não foi observado diferença significativa entre os sistemas sombreados para o valor de IL. Observou-se redução na incidência de vermelho:vermelho distante para os espaçamentos das árvores de 12x2 e 12x3 m em relação ao pleno sol. Para o índice de área foliar (IAF), foi observado efeito de arranjo de plantio e doses de nitrogênio onde o sombreamento reduziu o IAF das plantas de capim-marandu comparado com o monocultivo. Os tratamentos sem adubação nitrogenada apresentaram os menores valores de IAF. Os teores de clorofila *a*, *b*, relação *a/b* e total tiveram efeito apenas de dose de nitrogênio. Foi observado efeito da interação entre arranjo de plantio e dose de nitrogênio sobre a altura e altura estendida do capim-marandu. A adubação nitrogenada e o sombreamento aumentaram a altura e altura estendida das plantas, sendo verificado efeito de dose de nitrogênio e arranjo de plantio para o índice de tombamento (IT) do capim-marandu. O IT foi maior para os tratamentos sem adubação nitrogenada e menor no sombreamento. Observou-se aumento no comprimento de perfilhos aéreos e basais com o sombreamento e doses de nitrogênio. A densidade populacional de perfilho basal do capim-marandu no monocultivo não diferiu significativamente com o aumento das doses de nitrogênio e com o sombreamento. O aumento das doses de nitrogênio aumentou o perfilhamento aéreo do capim-marandu. A dose de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio aumentou as porcentagens de lâmina foliar, pseudocolmo e inflorescência. O sombreamento e a dose de 200 kg N ha⁻¹ reduziu a

relação folha:colmo do capim-marandu em relação aos tratamentos sem adubação. Não foi observado efeito de arranjo de plantio para a produção e taxa de acúmulo de massa seca do capim-marandu, observando-se apenas efeito de dose de nitrogênio. Verificou-se que a melhor eficiência da adubação nitrogenada para o capim-marandu em sistema silvipastoril foi obtido com a dose de 200 kg de N ha⁻¹. O capim-marandu em sistema silvipastoril nos arranjos de plantio 12x2 e 12x3m com aplicação de 200 kg N ha⁻¹ apresentaram a maior produção e acúmulo de forragem quando manejado com 80% da IL, correspondendo a altura de 67 cm.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*, sombreamento, eucalipto, interceptação luminosa

ABSTRACT

Brachiaria brizantha cv. Marandu (marandu palisade grass) stands out because it occupies approximately 50% of the pastures cultivated in Brazil and has good tolerance and productivity under moderate shading. Its management in monoculture is already elucidated, however it is necessary to verify management goals also in shaded systems. Thus, the present study was proposed with the objective of evaluate grazing management goals for marandu palisade grass in silvopastoral system with nitrogen fertilization at spacing of 12x2m and 12x3m. The experimental design was a split plot with four replications. The plots consisted of eucalyptus (12 × 2 and 12 × 3 m spacing) intercropped with marandu palisade grass and marandu palisade grass monoculture. The subplots were three nitrogen (N) doses (0, 100 and 200 kg ha⁻¹). The plants were cut to evaluate yield, accumulation rate and efficiency of nitrogen fertilization after pastures under full sun reached 95% of light interception (LI). At this point all plots were cut, even those subjected to shading. It was observed that there was effect of interaction between planting arrangement and nitrogen dose on LI. Among the nitrogen rates in the intercropping systems, the lowest LI was observed for the treatment without fertilization. No significant difference was observed between the shaded systems for the LI value. There was a reduction in the incidence of red: far red for tree spacing of 12x2 and 12x3 m in relation to full sun. For the leaf area index (LAI), was observed the effect of planting arrangement and nitrogen rates where shading reduced the LAI of marandu palisade grass compared to monoculture. Treatments without nitrogen fertilization presented the lowest IAF values. Chlorophyll a, b, a/b ratio and total contents had only nitrogen dose effect. Effect of interaction between planting arrangement and nitrogen dose on the height and extended height of marandu palisade grass was observed. Nitrogen fertilization and shading increased the height and extended height of the plants, with effect of nitrogen dose and planting arrangement for the tumbling index (TI) of marandu palisade grass. The TI was higher for treatments without nitrogen fertilization and lower for shading. There was an increase in the aerial and basal tillers length with shading and nitrogen doses. The basal tillering population density of marandu palisade grass in the monoculture did not differ significantly with increasing nitrogen rates and shading. Increasing nitrogen doses increased aerial tillering of marandu palisade grass. The dose of 200 kg ha⁻¹ nitrogen increased the leaf blade, pseudoculm and inflorescence percentages. Shading and the dose of 200 kg N ha⁻¹ reduced the leaf: stem ratio of marandu palisade grass in relation to treatments without fertilization. No effect of planting arrangement was observed for yield and dry mass accumulation rate of marandu palisade grass, with only nitrogen dose effect. It was verified that the best nitrogen fertilization efficiency for marandu palisade grass in silvopastoral

system was obtained with the dose of 200 kg of N ha⁻¹. Marandu palisade grass in silvopastoral system in the 12x2 and 12x3m planting arrangements with application of 200 kg N ha⁻¹ showed the highest yield and forage accumulation when managed with 80% of LI, corresponding to a height of 67 cm.

Keywords: *Brachiaria brizantha*, shading, eucalyptus, light interception

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Dados climáticos registrados durante o período experimental, de 18 de dezembro de 2016 a 02 de fevereiro de 2018 – Curvelo, MG.....	33
Figura 2. Área experimental antes da implantação do sistema silvipastoril.....	34
Figura 3. Imagem aérea da área experimental antes da implantação do sistema silvipastoril.....	34
Figura 4. Área experimental após dois anos da implantação do sistema silvipastoril.....	36
Figura 5. Imagem aérea, com delimitação da área experimental, após dois anos da implantação do sistema silvipastoril (2016).....	37
Figura 6. Imagem aérea, com delimitação da área experimental, após três anos da implantação do sistema silvipastoril (2017).....	37
Figura 7. Imagem aérea, com delimitação da área experimental, após quatro anos da implantação do sistema silvipastoril (2018).....	38
Figura 8. Corte de uniformização das parcelas experimentais.....	38
Figura 9. Parcelas do experimento após a adubação com nitrogênio.....	39
Esquema 1. Representação esquemática do sistema silvipastoril com os locais de amostragem (2, 4 e 6 m ao norte; 2, 4 e 6 m ao sul).....	40
Figura 10. Monitoramento do sombreamento nos sistemas silvipastoris, com auxílio do ceptômetro.....	41
Figura 11. Amostragem na subparcelas para avaliação do capim-marandu a 2, 4, 6 m de distância das árvores de eucalipto.....	42
Figura 12. Uso de régua graduada para mensuração de altura das plantas de capim-marandu.....	42
Figura 13. Animais sendo utilizados na área experimental para pastejo.....	44
Figura 14. Aparelho medidor de luz vermelho/vermelho distante.....	45
Figura 15. Aparelho medidor de clorofila <i>a</i> e <i>b</i>	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios de altura (m), diâmetro da altura de peito (DAP) (cm), percentual de sombra e número de árvores, em função dos diferentes arranjos de plantio do eucalipto, Curvelo- MG, Novembro 2016.....	47
Tabela 2. Valores médios de radiação fotossinteticamente ativa (RFA, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e relação vermelho:vermelho distante (V:Ve) sobre o dossel do capim-marandu em função dos diferentes arranjos de plantio.....	47
Tabela 3. Produção, taxa de acúmulo de massa seca e eficiência da adubação nitrogenada do capim-marandu em função dos diferentes arranjos de plantio e doses de nitrogênio.....	48
Tabela 4. Interceptação luminosa (IL), índice de área foliar (IAF), altura (cm), altura estendida (cm) e índice de tombamento do capim-marandu em função dos diferentes arranjos de plantio e doses de nitrogênio.....	50
Tabela 5. Densidade populacional de perfilho (DPP) basal e aéreo, comprimento de perfilho aéreo e basal e massa de perfilho do capim-marandu em função dos diferentes arranjos de plantio e doses de nitrogênio.....	52
Tabela 6. Porcentagem de lâmina foliar, pseudocolmo, material senescente, inflorescência e relação folha: colmo (F:C) do capim-marandu em função dos diferentes arranjos de plantio e doses de nitrogênio.....	53
Tabela 7. Teores de clorofila do capim-marandu em função dos diferentes arranjos de plantio e doses de nitrogênio.....	55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 Capim-marandu em sistema silvipastoril.....	19
2.2 Interceptação de luz no manejo do pastejo	21
2.3 Respostas morfofisiológicas das forrageiras ao sombreamento	24
2.4 Frequência e intensidade de pastejo em sistema silvipastoril.....	27
2.5 Adubação em sistema silvipastoril.....	28
3. HIPÓTESES	31
4. OBJETIVOS	32
4.1 Objetivo geral.....	32
4.2 Objetivos específicos	32
5. MATERIAL E MÉTODOS	33
5.1 Localização, período experimental e dados climáticos.....	33
5.2 Histórico e preparo da área experimental	33
5.3 Tratamentos e delineamento experimental	39
5.4 Avaliações:.....	40
5.4.1 Sombreamento, interceptação luminosa e índice de área foliar.....	40
5.4.2 Altura, índice de tombamento (IT), densidade populacional de perfilhos, massa de perfilhos e produção de massa seca do capim-marandu	41
5.4.3 Massa de componentes morfológicos da forragem.....	43
5.4.4 Número de ciclos e intervalos de pastejos	43
5.4.5 Taxa de acúmulo diário de forragem e eficiência da utilização do nitrogênio pela forragem 44	
5.4.6 Qualidade da luz	44
5.4.7 Teores de clorofila <i>a</i> e <i>b</i>	45
5.4.8 Avaliações do componente arbóreo	46
5.4.9 Análises estatísticas	46
6. RESULTADOS	47
6.1 Características da área experimental.....	47
6.2 Produção, número de ciclos, taxa de acúmulo e eficiência da adubação nitrogenada capim-marandu.....	47
6.3 Interceptação luminosa, índice de área foliar, altura, altura estendida e índice de tombamento (IT) do capim-marandu	49

6.4 Densidade populacional, comprimento de perfilho aéreo e basal e massa de perfilhos do capim-marandu	51
6.5 Frações das plantas de capim-marandu.....	52
6.6 Teores de clorofila do capim-marandu	54
7. DISCUSSÃO	56
7.1 Produção, número de ciclos, taxa de acúmulo e eficiência da adubação nitrogenada capim-marandu.....	56
7.2 Interceptação luminosa, índice de área foliar, altura, altura estendida e índice de tombamento (IT) do capim-marandu	59
7.3 Densidade populacional, comprimento de perfilho aéreo e basal e massa de perfilhos do capim-marandu	64
7.4 Frações das plantas de capim-marandu.....	68
7.5 Teores de clorofila do capim-marandu	70
8. CONCLUSÃO.....	72
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

1. INTRODUÇÃO

As pesquisas relacionadas a interrupção do período de rebrotação das plantas forrageiras contribuíram para um grande avanço na eficiência de utilização das pastagens manejadas em monocultivo. Esse avanço ocorreu principalmente com a definição de metas de manejo do pastejo em lotação rotativa tomando como base os estudos referentes à morfologia e fisiologia das principais forrageiras tropicais (SANTOS et al., 2017a).

Dentre as plantas forrageiras de clima tropical, a *Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf (Syn. *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. Webster) cv. Marandu (capim-marandu) destaca-se pelo fato de ocupar aproximadamente 50% das pastagens cultivadas no Brasil (PAULA et al., 2012) e também tem sido a forrageira mais utilizada em sistemas silvipastoris (GARCIA e QUEIROZ, 2012) por apresentar boa tolerância e produtividade sob sombreamento moderado. Valle et al. (2010) elucidaram que a estratégia mais adequada no manejo do capim-marandu em monocultivo com lotação rotativa corresponde às alturas de pré-pastejo de 25 cm e pós-pastejo de 15 cm. Todavia, é necessário verificar se essa meta de manejo também pode ser utilizada em sistemas sombreados a fim de se garantir a perenidade do capim-marandu nesses ecossistemas.

Os estudos referentes às metas de manejo do pastejo definiram a utilização de 95% de interceptação luminosa (IL) que coincide com um valor de índice de área foliar (IAF) considerado “ótimo” (IAF ótimo), como sendo o momento em que o pasto apresenta seu maior pico de produção e melhor valor nutricional (SBRISSIA E SILVA, 2001). Entretanto, ao se observar as alterações morfofisiológicas das forrageiras submetidas ao sombreamento, fica claro a necessidade de mais informações sobre o efeito de frequências e intensidade de desfolhação da forrageira em sistemas sob sombreamento, como os sistemas silvipastoris.

Diante disso, a utilização de alturas de pré-pastejo recomendadas para as diversas espécies de forrageiras em monocultivo, poderão levar a altas frequências de desfolhação nas forrageiras sombreadas, o que poderá comprometer as reservas orgânicas das plantas devido à redução da assimilação líquida em condições de sombreamento (LUDLOW E WILSON, 1971). Além disso, ao adotar-se 95% de IL no manejo de pastagem em sistema silvipastoril como sendo o momento adequado de corte ou pré-pastejo poderá levar os pastos a apresentarem altura superior àquela observada para as forrageiras em condição de pleno sol o que implicará na redução da qualidade da forragem.

Outro agravante está relacionado com o fato de que as baixas frequências de pastejo como consequência de intervalos excessivamente longos, poderão danificar a estrutura do pasto e

desta forma aumentar a proporção de colmo e forragem senescente, reduzindo a eficiência de colheita pelo animal e a qualidade da forragem (CARNEVALLI et al., 2006). Ademais, a manutenção de longos intervalos de pastejo contribuirá para o auto-sombreamento levando a redução ainda mais acentuada do perfilhamento da forrageira, uma vez que alguns autores relatam que este já é prejudicado pelo sombreamento das árvores em sistemas consorciados (LOPES et al., 2017).

Além do manejo correto do pastejo dentro do sistema silvipastoril, a reposição de nutrientes deve ser realizada buscando a persistência do pasto, visto que a fertilização das plantas tem como principais resultados aumento da produção de massa seca e melhoria da qualidade nutricional da forragem, o que refletirá diretamente na capacidade suporte do sistema, permitindo o uso de maiores taxas de lotação (PACIULLO et al., 2017).

A produção e a adaptação de algumas forrageiras aos diferentes níveis de sombreamento já foi estudado em vários trabalhos (DIAS-FILHO, 2000; PACIULLO et al., 2012; LOPES et al., 2017; SANTOS et al., 2017b), porém, estudos referentes ao manejo apropriado do pastejo e a correta adubação nitrogenada em sistema silvipastoril ainda é escasso.

Frente a essa necessidade, novos estudos baseados na interceptação de luz poderão contribuir para se definir diferentes frequências de pastejo que permitirão a utilização de estratégias de manejo do pastejo mais adequadas para sistemas silvipastoris com o capim-marandu. Além disso, a definição de uma altura ideal de colheita para essa cultivar bem como uma adubação correta, favorecerá a tomada de decisão frente ao manejo da pastagem em sistemas silvipastoris e sobretudo a persistência da espécie forrageira no sistema.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Capim-marandu em sistema silvipastoril

As gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* predominam na maior porcentagem da área de pastagens cultivadas no Brasil, onde supõe-se que haja cerca de 85 milhões de hectares de pastagens cultivadas (LIMA et al., 2018). As áreas de pastagens formadas com capim-marandu, brizantão, brizantha, braquiarião, marandu, como também é conhecida nas diversas regiões do Brasil, chegam a 60 milhões de hectares, o que representa 65% da área de pastagem cultivada na região Norte e 50% na região Centro-Oeste (PAULA et al., 2012). Entretanto, 80% destas áreas são consideradas como pastagens de baixa produtividade (NICODEMO et al., 2018).

A *Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf (Syn. *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. Webster) cv. Marandu (capim-marandu) é uma espécie bastante utilizada nas propriedades brasileiras (LUZ et al., 2015). De acordo com Nunes et al. (1985), o capim-marandu é ecótipo originário de regiões vulcânicas da África tropical, que durante muitos anos foi cultivado no Brasil, na região do município de Ibirarema, Estado de São Paulo. Em 1967, a Estação de Pesquisas em Pastagens de Marandela – Zimbábwe, na África, enviou amostras do material vegetal ao Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte - CNPGC, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, situado no município de Campo Grande, Estado do Mato Grosso do Sul, onde passou a ser estudado. Ainda segundo Valle et al. (2010) o cultivar foi lançado no Brasil em 1984 pela Embrapa Gado de Corte e Embrapa Cerrados.

O grande interesse dos pecuaristas pelo capim-marandu se deve ao fato desta planta ter apresentado potencial de produção de forragem, boa adaptabilidade aos solos e ao clima brasileiro, responder bem à adubação, ser de fácil estabelecimento, ter adequada persistência e bom valor nutritivo (SOARES FILHO, 1997; VALLE et al., 2000; COSTA et al., 2005), porém é susceptível a algumas doenças, como a síndrome da morte do capim-marandu ou mortalidade do capim-marandu, nas regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil (MARCHI et al., 2006).

Este cultivar apresenta potencial de produção de forragem, sendo muito usado na alimentação de ruminantes em geral e, ao contrário de outras braquiárias, é aceito também por equinos (SOARES FILHO, 1994). Destaca-se ainda pela elevada resposta à adubação, boa produção de sementes e boa cobertura do solo. É de fácil estabelecimento e apresenta grande capacidade de competição com invasoras (COSTA et al., 2009).

Por possuir sistema radicular vigoroso e profundo, o capim-marandu apresenta elevada tolerância à deficiência hídrica e absorção de nutrientes em camadas mais profundas do solo, desenvolvendo-se em condições ambientais em que a maioria das culturas produtoras de grãos

e das espécies utilizadas para cobertura do solo, não se desenvolveria (BARDUCCI et al., 2009).

O capim-marandu, por suas diversas características satisfatórias, foi e ainda é alvo de muitas pesquisas. Paula et al. (2012), avaliando o capim-marandu em lotação contínua no município de Campo Grande-MS e aplicando-se 100kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, divididos em dois períodos, concluíram que, durante o período das águas, o mesmo deve ser manejado entre 15 e 30 cm de altura para obtenção de maior ingestão de pasto por bovinos. Em relação à adubação nitrogenada, Pereira et al. (2010) concluíram que quando o controle do pastejo do capim-marandu é feito de maneira eficiente, as mudanças nas estruturas deste cultivar são em função basicamente de variações estacionais em condição de clima e estágio fenológico da planta. Diversas pesquisas mostram a influência do clima sobre o crescimento e desenvolvimento do capim-marandu (PAIVA et al., 2012). Costa et al. (2016), avaliando a dinâmica de perfilhamento do capim-marandu nas estações do ano no município de Uberlândia-MG, encontraram que o inverno foi caracterizado por condições climáticas desfavoráveis para o crescimento da planta e que, para aumentar o perfilhamento, seria necessário manejar o capim-marandu com 15 cm no outono/inverno e 30 cm na primavera/verão.

Em relação a este cultivar, há diversas pesquisas sobre influência da adubação nitrogenada nas características morfológicas, produção de forragem e outros em lotação contínua (SANTOS et al., 2017a; COSTA et al., 2016; PEREIRA et al., 2010; PAULA et al., 2012), lotação intermitente (CARVALHO et al., 2016) e diferimento do uso da pastagem (CARVALHO et al., 2017), porém essas pesquisas baseiam-se no monocultivo da espécie e desta forma estudos referentes a resposta a adubação bem como a produção do capim-marandu em sistemas silvipastoril ainda é escassa.

Sabe-se que o capim-marandu apresenta uma tolerância moderada ao sombreamento (DIAS-FILHO, 2002) e de alta capacidade produtiva (ANDRADE et al., 2004). Ribeiro (2016) trabalhou com o manejo de capim-marandu em sistema silvipastoril no município de Viçosa-MG, com as alturas pré-pastejo 25, 35, e 45 cm, buscando avaliar as reservas orgânicas, sistema radicular, perfilhamento, produtividade e o valor nutritivo da forrageira. Foi observado pelo autor que o teor de carboidratos solúveis, a massa de raiz, o número de perfilhos e o índice de área foliar pós-pastejo do capim-marandu em sistema silvipastoril diminuiu com o passar dos ciclos de pastejo na altura de pastejo de 25 cm, além disso na altura de pastejo de 45 cm, a massa de colmo pré-pastejo aumentou e o índice de área foliar e a relação lamina foliar/colmo pós-pastejo diminuiu, comprometendo o valor nutritivo e a altura do resíduo. Ainda de acordo

com o autor o capim-marandu em sistema silvipastoril com 35% de sombreamento é indicado a altura de pastejo de 35 cm.

2.2 Intercepção de luz no manejo do pastejo

O acúmulo de forragem é resultado do balanço líquido entre processos de crescimento e senescência, que em uma comunidade de plantas, é consequência do crescimento e desenvolvimento de folhas e colmos em perfilhos individuais e da quantidade de perfilhos existentes, associados aos padrões de perfilhamento (aparecimento, mortalidade e sobrevivência de perfilhos (BIRCHAM & HODGSON, 1983).

Nesse sentido, estudos relacionados à ecofisiologia das forrageiras, sobretudo as características morfológicas e estruturais, possibilitaram melhor entendimento da dinâmica de crescimento das forrageiras. As características morfológicas descrevem a dinâmica da geração e expansão dos órgãos de uma planta no tempo e no espaço e são expressas por meio da taxa de alongamento de folhas, taxa de aparecimento de folhas e duração de vida da folha (LEMAIRE & CHAPMAN, 1996) e taxa de alongamento de colmos (SBRISSIA E DA SILVA, 2001; CANDIDO et al. 2005). Essas características são determinadas geneticamente, porém, são fortemente influenciadas pela disponibilidade de recursos de crescimento e pelo manejo do pastejo que determinam o fenótipo da planta, ou seja, as características estruturais do pasto: comprimento da lâmina foliar, número de folhas vivas, densidade de perfilhos (LEMAIRE & CHAPMAN, 1996) e relação lâmina foliar:colmo (SBRISSIA & DA SILVA, 2001). As características morfológicas e estruturais das forrageiras determinará, em última análise, o IAF do pasto, responsável pela intercepção da radiação solar, absorção de dióxido de carbono e realização do processo fotossintético.

Brougham (1955, 1956 e 1957) avaliando o padrão de crescimento de forrageiras de clima temperado constatou resposta sigmóide da curva de crescimento dos pastos após a desfolhação, identificando três fases (logarítmica, linear e assintótica) da dinâmica do acúmulo de forragem em função do tempo. Também ficou consolidada a importância do IAF para compreensão das relações entre IL pelo pasto e acúmulo de forragem, bem como a interação entre intensidade e frequência de desfolhação nos estudos sobre produção e manejo de plantas forrageiras em pastagens (DA SILVA & NASCIMENTO JÚNIOR, 2007).

Nesse contexto, Korte et al. (1982), em experimento com pastos de azevém perene submetidos a regimes de corte caracterizados por duas intensidades e duas frequências de desfolhação, baseado nos resultados de Brougham da década de 50, utilizaram como critério

para interromper a rebrotação dos pastos a condição em que os mesmos atingiam 95% de IL ou duas semanas após ter sido atingido esse valor. Concluíram que, durante a fase de desenvolvimento vegetativo das plantas, o critério de 95% de IL poderia ser utilizado de forma satisfatória, permitindo que a interrupção da rebrotação pudesse ser feita de forma consistente durante o ano e de acordo com a taxa de crescimento das plantas forrageiras. Isso resultaria em maior produção de forragem com elevada proporção de folhas e baixa proporção de forragem morta. A validade e o potencial de uso desse critério de IL como estratégia de manejo da desfolhação foram ratificados por Parsons et al. (1988). Segundo esses autores, seria na condição de IAF crítico, situação em que 95% da luz incidente são interceptados pelo dossel, que a taxa média de acúmulo de forragem atingiria seu máximo, ou seja, o balanço entre os processos de crescimento e senescência seria máximo, permitindo maior acúmulo de forragem. Esse corresponderia, portanto, ao ponto ideal de interrupção da rebrotação e que teria relação direta com o final da fase linear de crescimento da curva sigmoide descrita por Brougham (1955). Esse fato, além de permitir a convergência de conhecimento e informações, ratificou o papel central do IAF na modulação e determinação das respostas de plantas forrageiras ao pastejo, indicando a necessidade de se estudar e compreender melhor aspectos relativos à estrutura do dossel, uso da radiação incidente e balanço dos processos de crescimento e senescência como forma de planejar e definir estratégias de uso e manejo de plantas forrageiras em pastagens (DA SILVA & NASCIMENTO JÚNIOR, 2007).

Diante dos avanços acerca do conhecimento do manejo do pastejo observado para as gramíneas de clima temperado houve, a partir do final da década de 90, grande interesse por parte dos pesquisadores brasileiros em estudar o manejo do pastejo em forrageiras de clima tropical utilizando a IL como critério ou meta desfolhação. Iniciou-se, assim, uma série de experimentos com as principais forrageiras de clima tropical: *Panicum maximum* (capim-mombaça) (CARNEVALLI et al., 2006), capim-marandu (ZEFERINO, 2006), *P. maximum* (capim-tanzânia) (BARBOSA et al. 2006), capim-xaraés (PEDREIRA et al., 2007), capim-braquiária (BRAGA et al., 2009) entre outros. Verificou-se que o padrão de resposta das forrageiras tropicais é semelhante ao relatado para gramíneas de clima temperado, diferenciando somente na magnitude dos processos de crescimento. Nessa condição de 95% de IL houve maior desempenho animal por área, uma vez que há menor crescimento de colmo o que contribui para maior consumo e a qualidade da forragem (VOLTOLINI, 2010).

Porém, devido ao alto custo do aparelho analisador de dossel e a dificuldade de monitoramento de grandes áreas, a utilização da IL como estratégia para definição da frequência de desfolhação é pouco viável para o produtor rural, tornando sua utilização restrita à pesquisa.

Diante dessa limitação, procurou-se associar a condição do pasto em que ocorre interceptação de 95% da luz incidente com um valor de altura do dossel forrageiro. Segundo Da Silva e Nascimento Júnior (2007) essa associação têm se mostrado consistente e precisa, independente da época do ano, da altura do resíduo pós-pastejo, do estágio fenológico e da localização geográfica da pastagem. Assim, Da Silva (2011) afirmou que a condição de 95% de IL pode ser determinada em campo por meio da altura do pasto, uma vez que essa característica estrutural do pasto apresenta valores muito consistentes com a condição de 95% de IL, permitindo que esse tipo de associação possa ser feito de maneira eficaz e fornecendo uma estratégia viável e fácil de monitoramento dos pastos e controle do processo de pastejo em condição de campo.

Uma vez definida a frequência de desfolhação, que corresponde ao tempo em que as plantas forrageiras atingem a altura correspondente a 95% IL, a manipulação do manejo do pastejo é realizada pelo ajustamento da intensidade de pastejo (altura pós-pastejo ou altura de resíduo). Intensidades elevadas de pastejo podem comprometer a capacidade de rebrotação da planta forrageira por diminuir a capacidade fotossintética do dossel após o pastejo (BROUGHAM, 1956) tornando o vigor da rebrotação mais dependente das reservas orgânicas (LUPINACCI, 2002). Por outro lado, a maior remoção de forragem permite maior incidência da radiação no interior do dossel, o que estimula o perfilhamento e a renovação de tecidos (MAZZANTI et al., 1994). Além disso, pastejos mais intensos promovem maior eficiência de utilização da forragem.

Nesse contexto, Difante et al. (2009) observaram maior ganho de peso por área quando a altura do pasto no pós-pastejo em capim-tanzânia foi reduzida de 50 para 25 cm, e atribui o acréscimo da produtividade ao aumento da eficiência de utilização da forragem. Vale ressaltar, que nessas situações de alta intensidade de pastejo, a remoção de forragem e, conseqüentemente de nutrientes no sistema também é elevada, tornando necessária a reposição de nutrientes via fertilização. Portanto, a recomendação de altas intensidades de pastejo só é viável para sistemas de alto nível tecnológico.

Em geral, altura de pós-pastejo em torno de 50% da altura de pré-pastejo são descritas como intensidades moderadas de pastejos, respeitando o equilíbrio entre o IAF pós-pastejo e as reservas orgânicas (DA SILVA, 2011). Adicionalmente, Fonseca et al. (2012), avaliando o comportamento ingestivo de bovinos em pastos de sorgo forrageiro, mostraram que a partir de aproximadamente 50% de rebaixamento da altura inicial, a taxa de ingestão caiu drasticamente. Esse resultado pode ser explicado em grande parte, pela maior proporção de colmos na metade

inferior do dossel, os quais restringem o processo de ingestão, devido à barreira física que o mesmo impõe sobre o consumo de forragem (ZANINI et al., 2012).

Assim, com base na síntese dos trabalhos relacionados, fica evidente o papel modulador da disponibilidade de luz ao longo do dossel nas características estruturais dos pastos. Dessa forma, em condições onde há restrições na disponibilidade de luz, como ocorre em sistemas silvipastoris, compreender as mudanças morfofisiológicas decorrentes do sombreamento poderá auxiliar na definição de estratégias de manejo do pastejo mais adequadas e sustentáveis para esses ecossistemas. Todavia, em sistemas sombreados parece haver alterações na morfofisiologia de plantas, levando a respostas diferentes quanto ao manejo do pastejo (MACHADO, 2016).

Segundo Machado (2016) trabalhando com quatro frequências de pastejos com base na altura dos pasto (20, 30, 40 e 50 cm) em sistema silvipastoril e mais uma testemunha em monocultivo manejado com base na interceptação de 95% da radiação fotossinteticamente ativa, o manejo do pastejo de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk (capim-braquiária) sob lotação intermitente em sistema silvipastoril deve ser realizado com altura pré-pastejo de 40 cm, o que corresponde a 95% IL e resíduo de 20 cm. Ainda segundo esse autor pastos de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril manejado com 40 cm de altura pré-pastejo possui valor nutritivo semelhante ao pasto manejado com 20 cm em monocultivo. Esses resultados indicam que as alturas padronizadas para os sistemas em monocultivo a pleno sol diferem das alturas de plantas forrageiras cultivadas sob sombreamento. Dessa forma, em condições em que há restrições na disponibilidade de luz, como ocorre em sistemas agrossilvipastoris, compreender as mudanças morfofisiológicas de plantas forrageiras decorrentes do sombreamento poderá auxiliar na definição de estratégias de manejo do pastejo mais adequadas e sustentáveis para esse sistema.

2.3 Respostas morfofisiológicas das forrageiras ao sombreamento

A capacidade de aclimação das plantas forrageiras frente às alterações da disponibilidade de recursos de crescimento e à desfolhação é denominada de plasticidade fenotípica e pode ser definida como uma mudança progressiva e reversível nas características fenotípicas de plantas individuais (LEMAIRE E ANGUSDEI, 1999). A tolerância ao sombreamento está associada à magnitude das respostas plásticas das forrageiras quando cultivadas em sistemas silvipastoris ou agrossilvipastoris. Outras mudanças na planta em resposta ao sombreamento podem ser

observadas, como mudanças na arquitetura da copa, o ângulo de inclinação de folhas e área foliar específica (FERNÁNDEZ et al., 2004).

Dias Filho et al. (2002) avaliaram características fisiológicas de duas forrageiras do gênero *Brachiaria* quando submetidas ao sombreamento. Houve redução do ponto de compensação de luz, em consequência da menor respiração no escuro das forrageiras submetidas ao sombreamento. Nesse estudo, ficou evidenciado o ajustamento fisiológico dessas forrageiras ao sombreamento, uma vez que a redução do ponto de compensação de luz é desejável para que as plantas tenham balanços positivos de carbono sob condições de luminosidade reduzida.

Outro mecanismo associado à tolerância ao sombreamento é o aumento da área foliar específica. O sombreamento induz acréscimo na área foliar específica de forrageiras de clima tropical (PACIULLO et al., 2007 e GOBBI et al., 2009) e clima temperado (LIN et al., 2001 e ALLARD et al., 1991). Esta resposta tem sido atribuída ao desenvolvimento de folhas maiores e menos espessas devido à diminuição do número e, ou, tamanho de células do mesófilo por unidade área (KEPHART et al., 1993). Com aumento da área foliar específica as lâminas foliares tornam mais delgadas, aumentando a área foliar por unidade de peso, que ao nível de dossel, aumenta a eficiência da interceptação de luz pelo pasto. Em associação a concentração dos pigmentos fotossintetizantes também é alterada em forrageiras cultivadas sob sombreamento. Baruch e Guenni (2007) observaram aumento da concentração total de clorofila em espécies de *Brachiaria* quando sombreadas, o que também foi observado por Kephart et al. (1993) em plantas C3.

A redução na disponibilidade de luz, por outro lado, modifica o padrão de alocação de biomassa da forrageira, ou seja, nessa condição a planta prioriza o crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular (KEPHART et al., 1993; DIAS-FILHO et al., 2000). Paciullo et al., (2011) avaliaram as biomassas de parte aérea, raízes e total, além das relações entre massa do pasto e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) incidente em pastos de *Brachiaria decumbens*, submetidos a três níveis de radiação. As relações massa/RFA incidente foram maiores nos ambientes com menores RFA. Para a parte aérea, essa relação foi 71% maior sob sombreamento intenso, quando comparado ao pasto em pleno sol. Para massa total, o valor na sombra intensa foi 43% superior ao do sol pleno. Os autores concluíram que o capim-braquiária possuiu maior eficiência de uso da radiação em condições de sombra.

Em estudos de morfogênese, alguns autores observaram que as plantas forrageiras quando sombreadas aumentam a taxa de alongamento de lâminas foliares e de pseudocolmo, resultando em folhas e colmo de maior tamanho (DIAS-FILHO, 2000; MACHADO, 2012). O efeito do sombreamento na taxa de senescência tem demonstrado bastante inconsistente, ora aumentando

(TOWNSEND et al. 2013a), ora diminuindo a senescência (TOWNSEND et al 2013b), ou mesmo não tendo efeito algum (MACHADO, 2012). Certamente a divergência dos resultados quanto a essa última característica está associada às diferentes condições experimentais, mais precisamente aos diversos critérios metodológicos utilizados para definir a colheita e, ou, desfolhação.

Machado (2012) e Lopes (2012) observaram pequena redução na taxa de aparecimento foliar quando as forrageiras foram submetidas ao sombreamento. Esse fato pode ser explicado pela maior taxa de alongamento dos pseudocolmos, que resultaram em pseudocolmos maiores. De acordo com Lemaire e Chapman (1996) pseudocolmos de maior comprimento tendem a aumentar o intervalo entre o surgimento de duas folhas consecutivas e, portanto, reduzir a taxa de aparecimento foliar.

Dentre todas as características morfogênicas e estruturais, o perfilhamento é certamente o mais influenciado pela redução na disponibilidade de luz. Segundo Gautier et al. (1999) tanto a redução da relação vermelho:vermelho distante quanto a diminuição do fluxo de fóton fotossintético determinam importantes efeitos sobre a morfogênese das plantas, principalmente por diminuir o perfilhamento das gramíneas. A importância da intensidade da sombra sobre essa característica foi demonstrada por Paciullo et al. (2007), em pastagens de *Brachiaria decumbens*, cuja densidade populacional de perfilhos aumentou de 253 para 447 perfilhos m⁻² quando a intensidade de luz se elevou respectivamente, de 35 para 65% em relação à condição de pleno sol. Machado (2012) observou acréscimo de 42% na densidade populacional de perfilhos do capim-braquiária quando o espaçamento entre linhas de plantio do eucalipto variou de 6 para 10 m. A densidade populacional de perfilhos é determinante para manutenção do índice de área foliar. As alterações morfológicas podem atenuar o efeito negativo do baixo perfilhamento sobre o IAF em sistemas silvipastoril em condições de sombra moderada (MACHADO, 2012). Todavia o sombreamento intenso, acima de 50%, reduz drasticamente o perfilhamento das forrageiras, e conseqüentemente o acúmulo de forragem, tornando o consórcio inviável nessas condições de sombreamento (BOSI et al. 2014; GOBBI et al .2009). Paciullo et al. (2014), em revisão sobre a utilização de forragem em sistemas silvipastoris, recomendou o manejo do componente arbóreo de forma que possibilite sombreamento no sub-bosque entre 20 e 40%.

Santos et al. (2017b) avaliaram os efeitos do sombreamento de eucalipto dispostos nos espaçamentos (12×2 e 12×4 m), nas distâncias de 2, 4 e 6 m do eucalipto e na entrelinha do milho, sobre as características relacionadas a fisiologia do capim-marandu em sistemas agrosilvipastoris. Os autores observaram que o cultivo de capim-marandu nas entrelinhas do

milho associado ao sombreamento intenso proporcionado pela diminuição do espaçamento de eucalipto e a proximidade com as copas das árvores afetaram negativamente os parâmetros fisiológicos, como a taxa fotossintética do capim-marandu.

2.4 Frequência e intensidade de pastejo em sistema silvipastoril

Uma vez observado o desenvolvimento adequado das árvores e o estabelecimento da pastagem, os animais são manejados no pasto a partir de um dos métodos de manejo do pastejo, lotação contínua ou lotação rotativa. A escolha do método de pastejo não irá determinar o manejo adequado da desfolhação, porém o método lotação rotativa tem sido mais recomendada por permitir melhor controle da estrutura do pasto. Além disso, a divisão dos piquetes utilizando as árvores como cercas vivas também é um fator que contribui para sua adoção. Nesse método de pastejo são utilizadas metas, ou condições de pasto em pré e pós-pastejo, como forma de definir a frequência e intensidade de pastejo.

Machado (2012) observou que a altura do pasto de *B. decumbens*, ao interceptar 95% da radiação fotossinteticamente ativa, aumentou à medida que se reduziu o espaçamento entre linhas de eucalipto (aumento do sombreamento) e que, nesse momento, o comprimento final do colmo da forrageira foi superior ao do monocultivo. A maior altura do relvado necessária para interceptar 95% de IL em sistema silvipastoril está associada à baixa densidade de perfilhos, que conseqüentemente reduziu a capacidade de interceptar radiação pelo dossel forrageiro. Diante disto, para que o dossel intercepte níveis de radiação em ambientes sombreados é necessário que ocorra incrementos nas taxas de alongamento de lâminas foliares e colmo, conforme relatado anteriormente.

Porém, vale ressaltar que o aumento no comprimento final de colmos em condições de pleno sol, segundo Da Silva e Nascimento Junior (2007), ocorre de maneira significativa somente a partir da condição em que o dossel intercepta 95% da luz incidente, ou seja, atinge seu IAF crítico. Isto indica que essa associação entre 95% de IL e IAF crítico possa não ser válido para forrageiras cultivadas sob restrição luminosa e que, nessas condições, a meta para interrupção da rebrotação possa ocorrer anteriormente à interceptação de 95% de IL.

Conforme apresentado anteriormente, a capacidade de rebrotação da forrageira após à desfolhação depende basicamente da área foliar residual e das reservas orgânicas. Sob condições de sombra, há um decréscimo da fotossíntese líquida do dossel (SANTOS et al., 2017b) e provavelmente essa redução da capacidade de assimilação de carbono afeta negativamente a concentração das reservas orgânica. Além disso, boa parte da remobilização

ocorre principalmente em nível de raiz e como nesses ambientes de sombra a forrageira possui menor desenvolvimento da raiz (SKINNER et al., 1999), a rebrotação das plantas forrageiras é afetada.

Em estudo realizado em casa de vegetação, Baruch e Guenni (2007) observaram mortalidade das espécies de *Brachiaria brizantha* e *B. dictyoneura* quando foram submetidas a combinações de sombreamento intenso e desfolhação. Além disso, a associação de alta frequência e intensidade de pastejo pode reduzir ainda mais crescimento de raízes das forrageiras sombreadas. Essa redução do desenvolvimento radicular em condições de campo poderia comprometer a capacidade das plantas desfolhadas de retomarem a rebrotação, uma vez que essas forrageiras estariam mais susceptíveis ao estresse hídrico e de nutrientes. Desse modo, pode-se especular que as plantas sombreadas seriam mais suscetíveis ao estresse causado pelo pastejo do que as plantas que crescem em pleno sol. Nessa condição é provável que a altura do pasto no pós-pastejo deva ser mantida de forma mais conservadora do que em pastagens em pleno sol, utilizando metas superiores a 50% da altura de pré-pastejo. Assim, é fundamental evitar condições de super-pastejo em sistema silvipastoril, situação comumente observada em propriedades rurais, que podem facilmente comprometer a rebrotação e a persistência de plantas que crescem sob condições restritivas de luminosidade.

2.5 Adubação em sistema silvipastoril

Os sistemas silvipastoris embora apresentem um ecossistema mais complexo, com maior capacidade de ciclagem e realocação de nutrientes, quando manejados intensamente, necessitam de reposição de nutrientes. Isso se deve pelo fato das plantas arbóreas e forrageiras crescerem juntas competindo por nutrientes, água e recursos limitados no sistema. Essa competição por nutrientes pode ser contornada com a aplicação de fertilizantes no estabelecimento do sistema considerando as necessidades nutricionais de cada espécie, entretanto, é importante que sejam feitas adubações de manutenção para que as demandas nutricionais das espécies envolvidas sejam supridas no decorrer do tempo.

O nitrogênio depois da água é o elemento que mais influência no crescimento e desenvolvimento das plantas, e é o elemento exigido em maior quantidade pelas plantas, geralmente representa 20 a 40 g kg⁻¹ da massa seca dos tecidos vegetais (TAIZ et al., 2017).

Vários autores mostram a importância desse elemento verificando aumento linear nas produções de massa seca com acréscimo nas doses de N (SILVA et al., 2013; MAGALHÃES et al., 2012; MARANHÃO et al., 2010; COSTA et al., 2009; MELLO et al., 2008), melhora

nas características estruturais como, altura, perfilhamento, área foliar e relação folha:colmo além de, aumento no valor nutritivo das plantas.

O nitrogênio desempenha um importante papel em várias características morfogênicas envolvendo dinâmica das folhas e perfilhos. Portanto, são necessários mais estudos para avaliarem o potencial de resposta das gramíneas tropicais a adubação nitrogenada associada ao efeito de sombreamento (GARCEZ NETO et al., 2002). Além disso, a fertilização nitrogenada pode ser uma alternativa para manter os índices de produção e proporcionar um efeito positivo na qualidade da forragem (CORRÊA et al., 2007).

Segundo Oliveira et al. (2007), as gramíneas respondem positivamente à adubação nitrogenada, provavelmente devido ao estímulo promovido pelo N em termos de crescimento e multiplicação de células vegetais, uma vez que este nutriente constitui as proteínas celulares ácidos nucleicos. Além disso, a fertilização nitrogenada aumenta a taxa de aparecimento de folhas, o que resulta em maior número de gemas axilares capazes de produzir novos perfilhos (DE BONA E ONTEIRO, 2010).

Andrade et al. (2001) conduziram um estudo em sistema silvipastoril, constituído por *E. urophylla* e *Panicum maximum* cv. Tanzânia na região dos Cerrados de Minas Gerais tendo como objetivo verificar a existência de outros fatores, além da baixa disponibilidade de luz, que interferem no crescimento normal da gramínea. Diante dos resultados obtidos, os autores concluíram que o sombreamento provocado pelo eucalipto não era o único fator interferindo no crescimento e desenvolvimento da gramínea, levando a observar que a baixa disponibilidade de nitrogênio no solo constituiu uma importante limitação nutricional ao crescimento da gramínea. Dessa forma, é possível observar que a sustentabilidade de sistemas silvipastoris constituídos por gramíneas e eucaliptos necessita de maiores investigações, pois é possível que o sistema não seja autossuficiente na manutenção de nitrogênio disponível para árvores e gramíneas.

Bernardino et al. (2008b) conduziram um trabalho com o objetivo de verificar a influência da adubação nitrogenada (0, 75 e 150 kg ha⁻¹ de N) e potássica (0 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O) no desenvolvimento de *Brachiaria brizantha* em um sistema silvipastoril com eucalipto. Os resultados obtidos evidenciaram que o crescimento da forrageira neste sistema foi restringido pela deficiência de nitrogênio. A aplicação desse nutriente resultou em incremento na produtividade do sub-bosque, correspondendo a um aumento de 51,9% para o tratamento contendo 150 kg ha⁻¹, sem potássio, e 66,4% para o tratamento contendo 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio, com aplicação de potássio. Por outro lado, a adubação potássica resultou em incremento da produção de massa seca mesmo no tratamento sem adubação nitrogenada. Os

valores de produção de massa seca encontrados neste experimento podem ser considerados baixos, quando comparados a dados de crescimento forrageiro em pleno sol, indicando que o crescimento da gramínea também foi influenciado pela restrição luminosa.

Em outro trabalho, Bernardino et al. (2008a) avaliaram a composição bromatológica da forragem do sub-bosque de um sistema silvipastoril com eucalipto, adubado com fertilizantes nitrogenado e potássico. Os pesquisadores verificaram que a adubação proporcionou aumento significativo nos teores desses dois nutrientes na *Brachiaria brizantha* neste sistema, porém sem alterar os teores de fibra da forragem.

As plantas são capazes de responder à adubação nitrogenada até um ponto, provavelmente, devido à capacidade limitada da planta para absorver nitrogênio através de suas raízes, essa limitação está relacionada com a necessidade dos outros nutrientes para o desenvolvimento da planta, uma vez que o número de gemas estimuladas que determinam o perfilhamento potencial da planta (FARIA et al., 2018).

Sabe-se que o nitrogênio aumenta a taxa de crescimento das gramíneas e, conseqüentemente, a quantidade de forragem produzida por unidade do tempo (SANTOS et al., 2009), porém Johnson et al. (2001) relataram a existência de um limite após o qual a fertilização nitrogenada não promove um aumento de produção de forragem. Diante disso, torna-se importante conhecer esse limite de fertilização para as diferentes espécies forrageiras com o objetivo de minimizar os custos com adubação.

Paciullo et al. (2017) avaliaram as características morfogênicas e estruturais, produção de biomassa e valor nutritivo de duas cultivares de *P. maximum* (cv. Tanzânia e Massai) sob três níveis de sombreamento (0, 37 e 58%) e quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 mg N dm⁻³). Os autores observaram que a taxa de alongamento da folha e do caule e o comprimento da lâmina foliar aumentaram com o sombreamento e em resposta as doses de nitrogênio. A densidade de perfilhos reduziu com o sombreamento, porém, apresentou um aumento linear com doses de nitrogênio sob pleno sol e sombreamento moderado.

Vale ressaltar que os estudos da eficiência de utilização do nitrogênio em sistemas produtivos são fundamentais devido ao elevado custo com a fertilização. Além disso, à medida que a quantidade aplicada de nitrogênio ultrapassa a capacidade da planta em absorver o nutriente para produção, o nitrogênio pode ser lixiviado ou acumular-se nos tecidos, reduzindo sua eficiência de aproveitamento (DOUGHERTY; RHYKERD, 1985).

3. HIPÓTESES

- A altura pré-pastejo dos pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (capim-marandu) em sistemas silvipastoris no método de lotação rotativa não corresponde à altura recomendada para o monocultivo.
- A fertilização nitrogenada utilizada em pastos de capim-marandu em sistemas silvipastoris não corresponde a mesma dose recomendada para o monocultivo.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

- Definir metas de manejo do pastejo do capim-marandu em sistemas silvipastoris;
- Definir metas de manejo da adubação nitrogenada para o capim-marandu em sistemas silvipastoris;

4.2 Objetivos específicos

- Avaliar as características morfológicas e de produção do capim-marandu em monocultivo e em sistemas silvipastoris com doses de nitrogênio;
- Recomendar uma altura de pastejo do capim-marandu em sistemas silvipastoris;
- Recomendar uma dose de nitrogênio para o capim-marandu em sistemas silvipastoris.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização, período experimental e dados climáticos

O ensaio foi desenvolvido na Fazenda Experimental do Moura (FEM), pertencente a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). A FEM está localizada no município de Curvelo-MG nas coordenadas 18°44'52,03" S e 44°26'53,56" O.

O clima da cidade de Curvelo-MG, segundo Köppen (1948) é do tipo tropical de savana, com estação seca (outono-inverno) e chuvosa (primavera-verão) bem definida. Os dados referentes à precipitação pluvial, temperatura média, mínima e máxima durante o período experimental foram registrado pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP – INMET, 2018) referentes à Curvelo-MG (Figura 1).

O período total do experimento foi de 416 dias (18/12/2016 a 02/02/2018), com o período efetivo de avaliação de 27/01/2017 a 02/02/2018, totalizando 371 dias. O período de 18/12/2016 a 26/01/2017 foi destinado ao preparo da área com uniformização da altura do pasto a partir de roçada manual, adubação da pastagem, monitoramento da interceptação luminosa, manutenção de cercas e limpeza da área experimental.

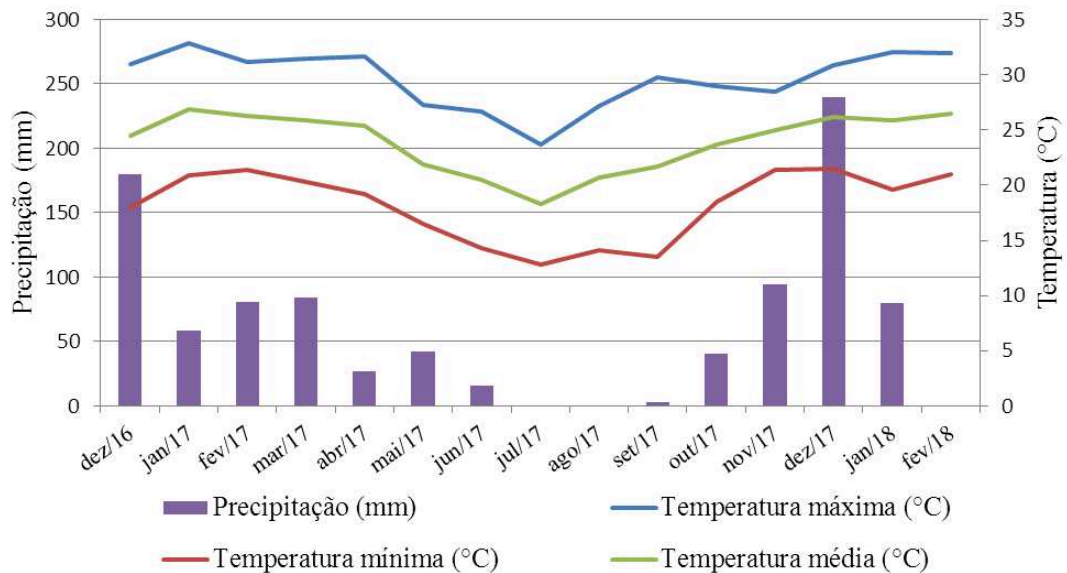


Figura 1. Dados climáticos registrados durante o período experimental, de 18 de dezembro de 2016 a 02 de fevereiro de 2018 – Curvelo, MG

5.2 Histórico e preparo da área experimental

A área destinada ao experimento era formada por uma pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf (Syn. *Urochloa decumbens* (Stapf) R. Webster) (capim-braquiária) que há tempos vinha sendo destinada a bovinos de leite e corte, sem manejo definido e sem adubação de manutenção,

resultando em alta infestação por plantas daninhas, solo exposto e plantas forrageiras com baixa produtividade. Nas figuras 2 e 3 são apresentadas imagens que possibilitam observar o estágio de degradação da pastagem e do solo.



Figura 2. Área experimental antes da implantação do sistema silvipastoril.



Figura 3. Imagem aérea da área experimental antes da implantação do sistema silvipastoril.

Em setembro de 2014 foram realizadas análises para caracterização física e química do solo na camada de 0-20 cm. Após a análise, o solo foi classificado como Latossolo Vermelho, com textura argilosa, apresentando as seguintes características químicas: pH em H₂O =5,9; P=1,03

mg dm⁻³; K=146,33 mg dm⁻³; Ca²⁺=4,75 cmolc dm⁻³; Mg²⁺= 0,76 cmolc dm⁻³; Al³⁺= 0,1 cmolc dm⁻³; H+Al= 4,23 cmolc dm⁻³; SB= 3,97 cmolc dm⁻³; CTC (t) = 4,07 cmolc dm⁻³; CTC (T) = 8,26 cmolc dm⁻³; V= 47,66%; m= 4%; MO=3,92 dag kg⁻¹; P-rem= 13 mg L⁻¹; Zn= 0,67 mg dm⁻³; Fe= 39,3 mg dm⁻³; Mn= 59,56 mg dm⁻³; Cu= 1,3 mg dm⁻³; B= 0,1 mg dm⁻³.

No período de setembro a novembro de 2014 foi realizado o levantamento fitossociológico da área com o objetivo de avaliar a infestação por plantas daninhas (DIAS et al., 2018a), em seguida, no mês de dezembro de 2014 procedeu-se o preparo convencional do solo para semeadura do milho e das forrageiras *Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf (Syn. *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. Webster) cv. Marandu) (capim-marandu) e *Macrotiloma axillare* (E. Mey.) Verdc. cv. Java (java) com o objetivo de avaliar o manejo de plantas daninhas na cultura de milho em consórcio com eucalipto e as forrageiras em Sistemas Agrossilvipastoris (DIAS et al., 2018b).

Neste experimento os tratamentos foram dispostos em parcelas subdivididas, sendo essas compostas pelos seguintes arranjos de plantio: *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (capim-marandu), *Macrotiloma axillare* cv. Java (java) e *B. brizantha* cv. Marandu + *M. axillare* cv. Java (capim-marandu + java), consorciadas com milho (híbrido SSH 7920) e eucalipto nos espaçamentos 12 × 2 m e 12 × 3 m em Sistemas Agrossilvipastoris, mais milho em monocultivo. As unidades experimentais dos tratamentos em consórcio tinham dimensões de 36 m de largura por 18 m de comprimento, totalizando uma área de 648 m², composta por quatro fileiras simples de eucalipto espaçadas a cada 12 m, intercalados com milho e as espécies forrageiras. Já as subparcelas apresentaram dimensões de 12 m de largura por 18 m de comprimento, totalizando uma área de 216 m². Para as parcelas em monocultivo de milho, as dimensões foram de 10 m de largura por 36 m de comprimento, totalizando uma área de 360 m², e as subparcelas de 10 m de largura por 12 m de comprimento, totalizando 120 m².

A adubação de semeadura utilizada para o milho foi de 400 kg ha⁻¹ da formulação N-P₂O₅-K₂O (8-28-16). As sementes das forrageiras foram adicionadas e homogeneizadas ao fertilizante no momento da semeadura do milho, distribuídas com o espaçamento de 0,40 m. Para todos os tratamentos foram utilizados 4 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis para as espécies forrageiras. A leguminosa java não permaneceu na área experimental, após a colheita dos grãos de milho, realizada de forma manual aos 120 dias após o plantio, uma vez que não sobreviveu a competição com o milho.

O plantio da espécie florestal foi realizado utilizando-se mudas de eucalipto clonal híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (Urograndis), clone 144, adquirido junto à empresa Agrocit, empresa florestal colaboradora, situada na cidade de Inimutaba-MG. Foram

preparadas covas de 40×40×40 cm e adubação de plantio com 0,200 kg de fosfato reativo e 0,125 kg da formulação N-P₂O₅-K₂O (8-28-16) por cova, misturadas ao solo antes do transplântio das mudas. O transplântio das mudas de eucalipto para o campo foi realizada na época de semeadura do milho e forrageiras, respeitando 1,5 m entre as culturas e fileiras do eucalipto. Após 60 dias do transplântio, procedeu-se uma adubação de manutenção com 0,125 kg de cloreto de potássio, 0,05 kg de sulfato de amônio, 0,010 kg de bórax e 0,005 kg de sulfato de zinco por cova.

Ao longo do estabelecimento da cultura arbórea e da pastagem de capim-marandu, durante o período de dezembro de 2015 a novembro de 2016, os pastos de capim-marandu foram manejados com animais de pequeno porte e pastejo leve. Na figura 4 é possível visualizar o sistema silvipastoril estabelecido. Nas figuras 5, 6, 7 é possível visualizar, por meio de imagens aéreas, a evolução da área experimental ao longo dos anos de 2016, 2017, 2018. Desde o plantio das espécies até novembro de 2016, foram conduzidos alguns experimentos avaliando o controle de plantas daninhas, a produção das forrageiras e do milho, além do desenvolvimento das árvores (DIAS et al., 2018b).



Figura 4. Área experimental após dois anos da implantação do sistema silvipastoril.



Figura 5. Imagem aérea, com delimitação da área experimental, após dois anos da implantação do sistema silvipastoril (2016).



Figura 6. Imagem aérea, com delimitação da área experimental, após três anos da implantação do sistema silvipastoril (2017).



Figura 7. Imagem aérea, com delimitação da área experimental, após quatro anos da implantação do sistema silvipastoril (2018).

Antes do início das avaliações, desse novo experimento iniciado em dezembro de 2016, foi realizada a roçada manual dos pastos de capim-marandu no monocultivo e no sistema silvipastoril com o objetivo de uniformizar a área experimental. A figura 8 mostra o corte de uniformização da área experimental.



Figura 8. Corte de uniformização das parcelas experimentais.

5.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o de parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas foram compostas por diferentes arranjos de plantio, sendo capim-marandu consorciado com eucalipto (nos espaçamentos 12×2 e 12×3 m) e o monocultivo do capim-marandu. As subparcelas foram três doses de nitrogênio (0, 100 e 200 kg ha⁻¹) na forma de sulfato de amônio.

A adubação foi feita no dia 18/12/2016, logo após a roçada manual das parcelas. A quantidade de sulfato de amônio foi calculada para cada parcela experimental sendo aplicado a lanço em uma única dose na quantidade suficiente para fornecer as diferentes doses de nitrogênio. Na figura 9 é possível observar as subparcelas após a adubação nitrogenada.

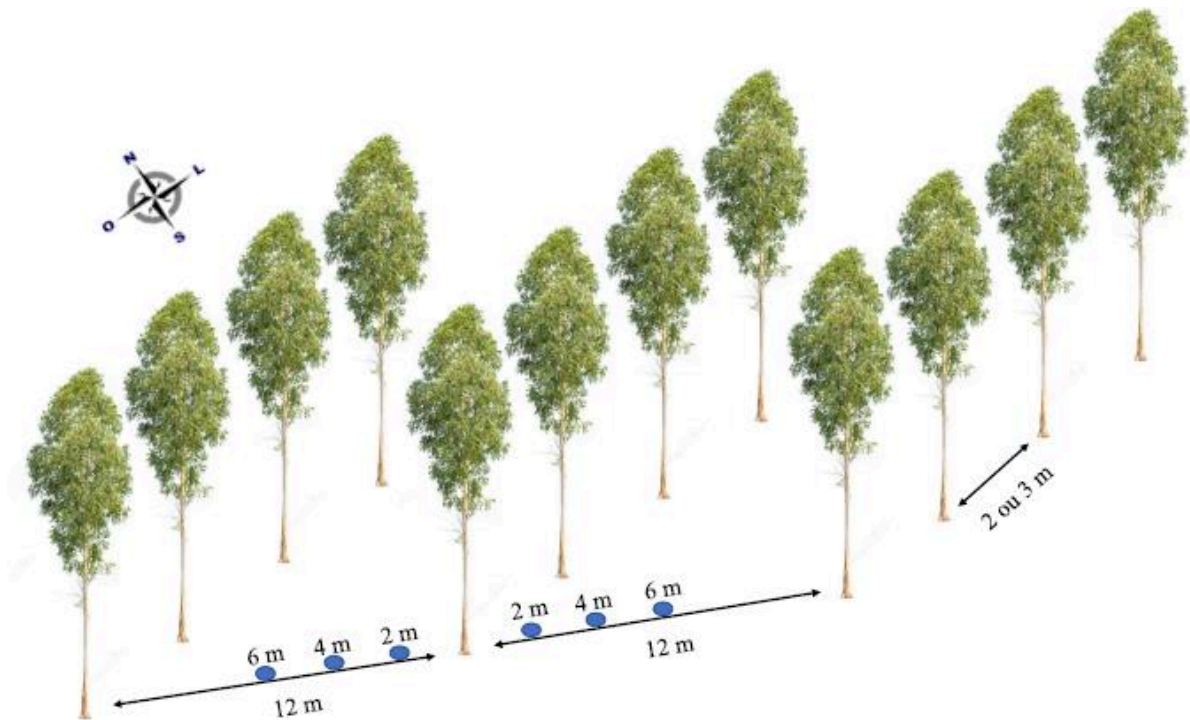


Figura 9. Parcelas do experimento após a adubação com nitrogênio.

As parcelas experimentais dos tratamentos em consórcio possuíam dimensões de 36 m de largura por 18 m de comprimento, totalizando uma área de 648 m², composta por quatro fileiras simples de eucalipto espaçadas a cada 12 m, intercalados com a espécie forrageira. Já as subparcelas apresentavam dimensões de 12 m de largura por 18 m de comprimento para cada espaçamento entre linha de eucalipto, totalizando uma área de 216 m². Para as parcelas em monocultivo do capim-marandu, as dimensões foram de 10 m de largura por 108 m de comprimento, totalizando uma área de 1.080 m², dividida em três subparcelas de 10 m de largura por 36 m de comprimento, totalizando 360 m².

5.4 Avaliações:

A avaliação de produção de forragem foi realizada concomitantemente aos parâmetros para quantificação das relações luminosas nos sistemas silvipastoris e monocultivos (pleno sol). As plantas foram cortadas para estimativa da produção após os pastos cultivados a pleno sol atingirem 95% da IL. Nesse momento, todas as parcelas foram cortadas, mesmo as submetidas ao sombreamento, após determinação da interceptação luminosa de cada unidade experimental. Todas as avaliações na forrageira foram realizadas a 2, 4 e 6 m de distância da linha de eucalipto (Esquema 1).



Esquema 1. Representação esquemática do sistema silvipastoril com os locais de amostragem (2, 4 e 6 m ao norte; 2, 4 e 6 m ao sul)

5.4.1 Sombreamento, interceptação luminosa e índice de área foliar

Para determinação dos níveis de sombreamento impostos pelas árvores de eucalipto, foi avaliado o percentual médio de redução da radiação fotossinteticamente ativa (RFA, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) incidente acima e abaixo dos dosséis, em cinco pontos das parcelas dispostos dentro de cada arranjo de plantio, sendo realizado o cálculo em relação às plantas cultivadas a pleno sol.

O monitoramento da interceptação luminosa (IL) pelas plantas forrageiras cultivadas no sub-bosque de eucalipto e a pleno sol foi realizado utilizando-se o aparelho analisador de dossel, o ceptômetro AccuPAR modelo - LP 80. Foram realizadas cinco medidas em cada ponto acima e abaixo do dossel de cada sub-parcela. Essas medidas foram realizadas com auxílio do

ceptômetro (Figura 10). As leituras foram realizadas no decorrer do período experimental, sob condições de radiação difusa as 9:00, 12:00 e 15:00 horas (início da manhã, sol a pino e no final da tarde), seguindo as recomendações de uso do aparelho em dias, com condições homogêneas de luminosidade (Figura 10).



Figura 10. Monitoramento do sombreamento nos sistemas silvipastoris, com auxílio do ceptômetro.

Ao se observar que as forrageiras cultivadas em pleno sol atingiram os 95% de IL foram realizadas as medidas de interceptação luminosa nos sistemas silvipastoris, tomando a radiação incidente a 2, 4 e 6 m de distância da linha de eucalipto e registrando-se o IAF em cada local. O IAF foi estimado simultaneamente ao monitoramento da interceptação luminosa pela média do dossel forrageiro avaliado, uma vez que o ceptômetro calcula o IAF baseado na RFA medida acima e abaixo do dossel, simultaneamente com outras variáveis que se relacionam à posição do sol (Figura 10).

5.4.2 Altura, índice de tombamento (IT), densidade populacional de perfilhos, massa de perfilhos e produção de massa seca do capim-marandu

Após as medidas de IL, concomitantemente, foram amostrados aleatoriamente dois pontos por subparcelas com auxílio de quadrado de polietileno de área de $0,50 \text{ m}^2$, nas distâncias de 2, 4 e 6 m da linha de eucalipto, buscando a representatividade das amostras (Figura 11). Para as parcelas do capim-marandu em monocultivo, foram coletas aleatórias em seis pontos diferentes de cada unidade experimental, utilizando quadrado de mesma medida. Antes do corte das forrageiras dentro dos quadros, foram mensuradas as alturas e alturas estendidas de cinco

plantas de cada quadro. Para essas medidas foi utilizada uma régua graduada em centímetros de acordo com a metodologia descrita por Fagundes (2005), tomando como critério a distância entre a parte da planta localizada mais alta no dossel e o nível do solo. A altura da planta estendida foi mensurada estendendo-se os perfilhos da gramínea no sentido vertical e anotando-se a maior distância do nível do solo até o ápice dos perfilhos. O IT foi obtido pelo quociente da altura estendida e altura do dossel (SANTOS et al., 2009b) (Figura 11 e 12).



Figura 11. Amostragem na subparcelas para avaliação do capim-marandu a 2, 4, 6 m de distância das árvores de eucalipto



Figura 12. Uso de régua graduada para mensuração de altura das plantas de capim-marandu.

Após as avaliações, todas as plantas dos quadros foram cortadas a 20 cm do solo. Depois de colhidas, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e levadas para laboratório, onde foram pesadas e subdivididas em duas subamostras. Para avaliação da massa de forragem, uma das subamostras foi pesada, e posteriormente separada em perfilhos aéreos e basais. Os perfilhos aéreos correspondem àqueles originados de gemas laterais no perfilho basal principal. Feito isso, foi quantificado o número de perfilhos sendo posteriormente pesados e acondicionados em saco de papel kraft e colocados em estufa de ventilação forçada de ar a 60 °C, por 72 horas ou até peso constante, para ser novamente pesadas para cálculo da massa seca de perfilhos e produção de massa seca total, obtida pela soma da massa de perfilhos aéreos e basais.

5.4.3 Massa de componentes morfológicos da forragem

Na avaliação dos componentes morfológicos da forragem, a outra subamostra da forragem foi separada manualmente, com o auxílio de tesouras nas frações lâmina foliar, pseudocolmo (bainha e colmo), inflorescência e material senescente. Posteriormente, cada componente foi acondicionado em saco de papel kraft, pesado e levado para estufa de ventilação forçada de ar a 60 °C por 72 horas ou até peso constante para ser pesado novamente obtendo o cálculo da concentração de massa seca. Os valores dos componentes morfológicos foram expressos como porcentagem da massa seca total de forragem.

5.4.4 Número de ciclos e intervalos de pastejos

O número de ciclos foi avaliado ao longo de todo o período experimental e correspondeu ao número de vezes em que os pastos a pleno sol atingiram 95% IL, momento esse em que todas as parcelas, inclusive as parcelas sob sombreamento eram manejadas com o pastejo de animais. O pastejo foi realizado simulando o método de lotação intermitente, em que os animais permaneciam por um curto período de tempo até que fosse atingida a altura de resíduo ou pós-pastejo no sistema silvipastoril e monocultivo. Foram utilizadas vacas de leite da Fazenda Experimental do Moura (FEM), pertencente a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) com peso corporal médio de 450 kg deixando um resíduo de 20 cm após o corte (Figura 13). Posteriormente era feito o uso de roçadeira manual para uniformizar a altura de resíduo. O intervalo de pastejo, em dias, foi determinado pelo tempo necessário para que o pasto de capim-marandu em pleno sol atingisse novamente 95% de IL.



Figura 13. Animais sendo utilizados na área experimental para pastejo.

5.4.5 Taxa de acúmulo diário de forragem e eficiência da utilização do nitrogênio pela forragem

A taxa de acúmulo diário de massa seca de forragem foi obtida através da razão entre a produção total de massa seca (MS) e o número de dias do período experimental. Já a determinação da eficiência de utilização do nitrogênio pelas plantas forrageiras foi obtida subtraindo-se da produção total de MS (kg de MS ha^{-1}) de cada tratamento com nitrogênio, a produção do tratamento sem adubação nitrogenada. A diferença de produção foi dividida pela dose total de N empregada no respectivo período e tratamento. A relação $\text{kg de MS kg de N}^{-1}$ representou quantos kg de MS foram produzidos para cada 1 kg de N aplicado na pastagem, demonstrando a eficiência de utilização do nutriente.

5.4.6 Qualidade da luz

Para a avaliação da qualidade da luz, os dados de relação V/VE foram obtidos por meio de um medidor de luz vermelho e vermelho distante (FieldScout, Spectrum Technologies, Inc.) nos mesmos pontos, datas e horários das medidas de interceptação luminosa, obtendo-se média de três medidas dentro de cada parcela dos sistemas silvipastoris e nas parcelas em monocultivo (Figura 14).

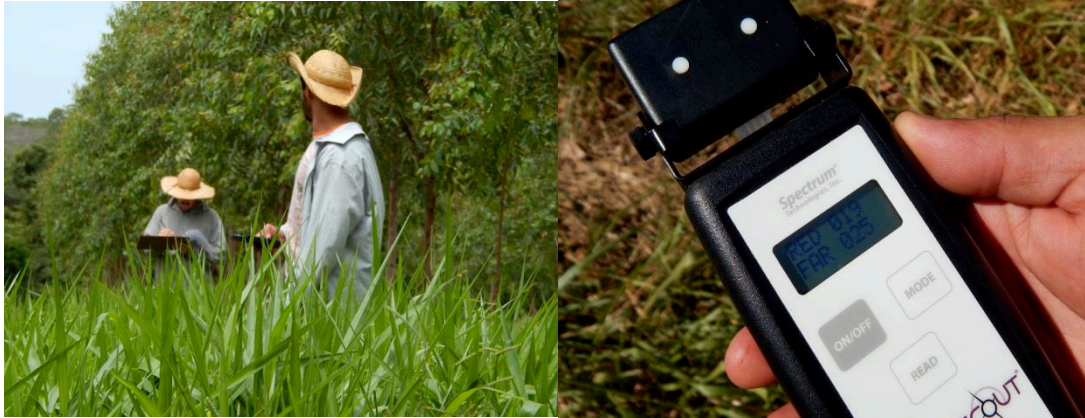


Figura 14. Aparelho medidor de luz vermelho/vermelho distante.

5.4.7 Teores de clorofila *a* e *b*

Os teores de clorofila *a* e *b* foram determinados, às dez horas da manhã do dia do corte das parcelas, com auxílio do aparelho clorofilometro, modelo ClorofiLOG CFA 1030 posicionando-se o equipamento no terço médio da primeira lâmina foliar de folhas completamente expandida de três perfilhos por planta. Foram obtidas medidas de três plantas dentro de cada parcela nos sistemas silvipastoris nas distâncias de 2, 4 e 6 m da linha de eucalipto, buscando a representatividade das amostras e nas parcelas em monocultivo foram tomadas medidas em três plantas de forma aleatória. A relação clorofila *a* e clorofila *b* bem como a clorofila total foram calculadas a partir dos dados obtidos pelo aparelho (Figura 15).



Figura 15. Aparelho medidor de clorofila *a* e *b*.

5.4.8 Avaliações do componente arbóreo

Os valores médios de altura (m), DAP (diâmetro da altura de peito), percentual de sombra, número de plantas ha⁻¹ de eucalipto nos sistemas silvipastoris e os valores médios de radiação fotossinteticamente ativa (RFA, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) bem como a relação vermelho:vermelho distante (V:Ve) sobre o dossel do capim-marandu em diferentes arranjos do plantio do eucalipto foram analisados de forma descritiva para caracterização do ecossistema.

5.4.9 Análises estatísticas

Os dados de morfofisiologia e produtividade do capim-marandu foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a 5% de significância, avaliando-se os efeitos de arranjo de plantio, doses de nitrogênio e a interação entre os fatores. Os dados nos sistemas silvipastoris foram obtidos através da média dos valores tomados nas distâncias de 2, 4 e 6 m da linha do eucalipto. Quando da interação entre os fatores ou significância em algum dos fatores foi utilizado o teste de Tukey a 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa SAS 9.1 (SAS Institute, 2003).

6. RESULTADOS

6.1 Características da área experimental

Os valores médios de altura, diâmetro da altura de peito (DAP), percentual de sombra e número de plantas em função dos diferentes espaçamentos de plantio do eucalipto estão apresentados na Tabela 1. Foi possível observar que nos arranjos de plantio com eucalipto, o sombreamento sobre o pasto de capim-marandu, variou de aproximadamente 27 para 22% nos espaçamentos 12x2 e 12x3 m, respectivamente, em relação ao pleno sol.

Os dados apresentados na tabela 1 são importantes para se observar o nível de sombreamento sob o dossel forrageiro, que depende diretamente do arranjo, idade e densidade de árvores utilizadas. Desse modo, é possível planejar o sistema de forma que o nível de sombreamento não exceda 40%, uma vez que níveis acima desse valor comprometem a produtividade da forrageira (PACIULLO et al., 2008; GOBBI et al., 2009).

Tabela 1. Valores médios de altura (m), diâmetro da altura de peito (DAP) (cm), percentual de sombra e número de árvores, em função dos diferentes arranjos de plantio do eucalipto, Curvelo- MG, Novembro 2016

Características	Arranjos de plantio	
	12x2 m	12x3 m
Altura (m)	10,49	10,28
DAP (cm)	11,31	11,89
Sombra (%)	27	22
Número de árvores ha ⁻¹	417	278

Tabela 2. Valores médios de radiação fotossinteticamente ativa (RFA, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e relação vermelho:vermelho distante (V:Ve) sobre o dossel do capim-marandu em função dos diferentes arranjos de plantio

	Arranjos de plantio		
	12x2 m	12x3 m	Monocultivo
RFA	634,50	676,74	868,63
V	99,36	107,26	151,38
Ve	95,44	100,88	134,50
V/Ve	1,02	1,05	1,13

6.2 Produção, número de ciclos, taxa de acúmulo e eficiência da adubação nitrogenada capim-marandu

Não foi observado efeito de arranjo de plantio para a produção e taxa de acúmulo de massa seca do capim-marandu (Tabela 3). O resultado mostra que o sombreamento sobre o capim-marandu com os arranjos 12x2 e 12x3m foi moderado (27 e 22%), possibilitando uma produção e acúmulo de massa seca semelhante ao monocultivo (Tabelas 2 e 3). Além disso, evidencia-se que o manejo de interrupção da rebrotação antes dos 95% de IL utilizado não trouxe nenhum

prejuízo para a produção e acúmulo de forragem, podendo ser uma estratégia de manejo recomendada para o capim-marandu com as densidades de plantio utilizados nos sistemas silvipastoris.

Tabela 3. Produção, taxa de acúmulo de massa seca e eficiência da adubação nitrogenada do capim-marandu em função dos diferentes arranjos de plantio e doses de nitrogênio

Dose (kg ha ⁻¹)	Arranjo de plantio			CV (%)	P-valor			
	12x2m	12x3m	Mono		Arranjo	Dose	Interação	
	Produção (t ha ⁻¹)			Média	34,36	0,4157	<0,0001	0,8483
0	16,09	18,18	18,89	17,72B				
100	19,30	20,23	20,96	20,17B				
200	28,48	30,91	27,09	28,82A				
Média	21,29	23,11	22,31					
	Taxa de acúmulo (kg MS ha ⁻¹ dia)				34,36	0,4157	<0,0001	0,8483
0	38,68	43,71	45,40	42,60B				
100	46,41	48,64	50,39	48,48B				
200	68,45	74,30	65,11	69,29A				
Média	51,18	55,55	53,63					
	Eficiência (kg MS kg N ⁻¹)				74,23	0,4500	0,1035	0,8696
100	44,84	36,61	31,08	37,51				
200	67,86	63,62	40,99	57,49				
Média	56,35	50,11	36,04					

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

No presente estudo, houve efeito apenas de dose de nitrogênio na produção de massa seca do capim-marandu submetido aos diferentes arranjos de plantio. Observou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos sem adubação e aqueles adubados com 100 kg N ha⁻¹, porém foi observado um aumento de 12,14% quando da inclusão do nutriente (Tabela 3). Além disso, foi observado diferença significativa dos tratamentos sem adubação em comparação com a aplicação de 200 kg N ha⁻¹, sendo que os tratamentos que receberam essa dose de nitrogênio aumentaram a produção em 38,51% em comparação com os tratamentos sem adubação. Ao se observar os tratamentos que receberam adubação, verificou-se que houve diferença significativa entre as doses, uma vez que ao se aumentar a dose de 100 kg N ha⁻¹ para 200 kg N ha⁻¹ obteve-se um aumento de 30,01% na produção de massa seca do capim-marandu (Tabela 3). Esse incremento na produção ocorre devido à importância do nitrogênio no crescimento das plantas forrageiras, o nitrogênio é o elemento essencial requerido em maior quantidade pelas plantas sendo constituinte de muitos compostos da planta, incluindo todas as proteínas (formadas de aminoácidos) e ácidos nucleicos (TAIZ et al., 2017).

No presente estudo observou-se apenas efeito de doses para a taxa de acúmulo de massa seca do capim-marandu manejado em diferentes arranjos de plantio. Na dose de 200 kg N ha⁻¹ foi observado maior taxa de acúmulo de massa seca, enquanto não houve diferença significativa entre os tratamentos sem adubação e com 100 kg N ha⁻¹. A taxa de acúmulo de massa seca aumentou em 30,01% quando a adubação passou de 100 kg N ha⁻¹ para 200 kg N ha⁻¹ (Tabela 3).

Embora não tenha sido observado efeito de interação entre arranjo de plantio e doses de nitrogênio na taxa de acúmulo de massa seca do capim-marandu é possível observar que a adubação contribuiu para reduzir a diferença de acúmulo de massa seca entre os tratamentos com sombreamento e o monocultivo. Na medida em que se aumentou a dose do adubo a taxa de acúmulo de massa seca no sistema silvipastoril aproximou-se do monocultivo, chegando a valores superiores com a adubação de 200 kg N ha⁻¹ (Tabela 3).

Não houve efeito de interação entre arranjo de plantio e doses de nitrogênio para eficiência de adubação nitrogenada do capim-marandu. Ao se analisar os efeitos separados de doses de nitrogênio e arranjos de plantio também não foram observados efeitos significativos. Apesar da ausência de significância estatística, os arranjos de plantio com eucalipto e a dose 200 kg N ha⁻¹ resultaram nos maiores valores de eficiência de utilização do nitrogênio (Tabela 3).

6.3 Intercepção luminosa, índice de área foliar, altura, altura estendida e índice de tombamento (IT) do capim-marandu

O pasto de capim-marandu em monocultivo foi manejado com 95% de IL, esta medida foi tomada como referência para se efetuar o corte também nos sistemas silvipastoris. Foi observado efeito da interação entre arranjo de plantio e dose de nitrogênio sobre a IL (Tabela 4).

Tabela 4. Interceptação luminosa (IL), índice de área foliar (IAF), altura (cm), altura estendida (cm) e índice de tombamento do capim-marandu em função dos diferentes arranjos de plantio e doses de nitrogênio

Dose (kg ha ⁻¹)	Arranjo de plantio			Média	CV (%)	P-valor		
	12x2m	12x3m	Mono			Arranjo	Dose	Interação
	IL				10,00	< 0,001	< 0,001	0,014
0	71,84Cb	74,93Cb	94,72Aa	80,50				
100	83,65Ab	84,46Ab	94,74Aa	87,62				
200	79,55Bb	80,57Bb	95,06Aa	85,06				
Média	78,35	79,99	94,84					
	IAF				26,72	< 0,001	< 0,001	0,2232
0	1,93	2,15	3,66	2,58B				
100	2,76	2,94	4,42	3,37A				
200	2,75	2,65	4,09	3,17A				
Média	2,48b	2,58b	4,06a					
	Altura (cm)				16,35	< 0,001	< 0,001	0,0231
0	60,58Ba	58,67Ba	43,72Bb	54,32				
100	70,52Aa	65,94Ab	45,50Bc	60,65				
200	67,27Aa	67,19Aa	52,57Ab	62,34				
Média	66,12	63,94	47,26					
	Altura estendida (cm)				13,68	< 0,001	< 0,001	0,0102
0	80,45Ba	79,74Ba	65,65Bb	75,28				
100	91,49Aa	87,23Ab	64,37Bc	81,03				
200	87,56Aa	88,10Aa	73,28Ab	82,98				
Média	86,50	85,02	67,76					
	Índice de tombamento				7,72	<0,0001	<0,0002	0,4971
0	1,34	1,37	1,42	1,37A				
100	1,30	1,33	1,42	1,35B				
200	1,30	1,31	1,39	1,34B				
Média	1,31b	1,34b	1,41a					

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e pela mesma letra minúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Avaliando a resposta das plantas a cada dose de nitrogênio, o monocultivo de capim-marandu nos diferentes arranjos de plantio apresentou maior IL quando comparado aos consórcios em silvipastoril, não havendo diferença entre esses últimos. Dentre as doses de nitrogênio nos sistemas consorciados, a menor IL foi observada para o tratamento sem adubação.

Já ao avaliar cada arranjo de plantio nas diferentes doses, observou-se que no monocultivo não houve diferença na IL das plantas de capim-marandu, uma vez que o manejo foi definido para 95% de IL, sendo observado que os valores médios aproximaram-se da IL tomada como referência. Nos sistemas silvipastoris a IL variou de acordo com as doses de nitrogênio. Foi observado maior IL do capim-marandu nos arranjos 12x2 e 12x3 m quando se utilizou a

adubação de 100 kg N ha⁻¹. Esse resultado pode ser explicado pela maior taxa de alongamento foliar, menor duração de vida da folha e maior taxa de senescência com a maior adubação, o que provavelmente levou a aceleração do metabolismo da planta e conseqüentemente reduzindo a IL (Tabela 4).

6.4 Densidade populacional, comprimento de perfilho aéreo e basal e massa de perfilhos do capim-marandu

Foi observado efeito de interação entre arranjo de plantio e dose de nitrogênio na densidade de perfilho basal, e apenas efeito de dose na densidade de perfilho aéreo (Tabela 5). Ao se avaliar cada arranjo de plantio nas diferentes doses de nitrogênio observa-se que a densidade de perfilhos basais do capim-marandu no monocultivo não diferiu significativamente com o aumento da adubação nitrogenada. Nos sistemas silvipastoris foi possível observar que a adubação nitrogenada aumentou a densidade de perfilhos basais do capim-marandu. Embora tenha ocorrido interação entre arranjo de plantio e dose de nitrogênio, não foi observado diferença significativa entre os arranjos de plantio pelo teste de Tukey em cada dose de nitrogênio. Sendo assim, o sombreamento não alterou de forma significativa a densidade de perfilhos basais do capim-marandu nos sistemas silvipastoris em comparação ao monocultivo (Tabela 5).

Tabela 5. Densidade populacional de perfilho (DPP) basal e aéreo, comprimento de perfilho aéreo e basal e massa de perfilho do capim-marandu em função dos diferentes arranjos de plantio e doses de nitrogênio

Dose (kg ha ⁻¹)	Arranjo de plantio			Média	CV (%)	P-valor		
	12x2m	12x3m	Mono			Arranjo	Dose	Interação
	DPP basal (perfilhos m ⁻²)							
0	483,07B	498,60B	610,80A	513,03	17,86	0,3516	0,5193	0,0113
100	585,73A	580,60AB	491,40A	552,58				
200	541,17AB	619,89A	522,33A	561,13				
Média	518,86	566,36	541,51					
	Perfilho basal (cm)				22,47	0,0013	< 0,001	0,2785
0	15,06	14,69	14,36	14,70B				
100	17,48	16,70	12,22	15,47B				
200	22,15	21,55	18,30	20,67A				
Média	18,23a	17,65ab	14,96b					
	DPP aéreo (perfilhos m ⁻²)				45,44	0,1529	0,011	0,1017
0	23,11	26,31	28,17	25,86B				
100	41,47	36,44	20,33	32,75AB				
200	35,82	63,20	41,50	46,84A				
Média	33,47	41,98	30,00					
	Perfilho aéreo (cm)				45,44	0,042	0,0009	0,8538
0	5,87	6,30	5,33	5,83B				
100	5,77	6,72	3,07	5,18B				
200	8,04	9,30	7,44	8,26A				
Média	6,56a	7,44a	5,28a					
	Massa de perfilho (g perfilho ⁻¹)				14,97	0,0221	0,0191	0,7198
0	0,74	0,77	0,84	0,78A				
100	0,76	0,78	0,81	0,78A				
200	0,81	0,82	0,98	0,87A				
Média	0,77b	0,79ab	0,88a					

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e pela mesma letra minúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Houve efeito das doses de nitrogênio na densidade de perfilhos aéreos. O aumento da adubação nitrogenada aumentou o perfilhamento aéreo do capim-marandu (Tabela 4).

6.5 Frações das plantas de capim-marandu

Foi observado efeito significativo das doses de nitrogênio na porcentagem de lâmina foliar, pseudocolmo e inflorescência do capim-marandu em função dos diferentes arranjos de plantio, já para a relação folha: colmo do capim-marandu houve efeito de arranjo de plantio e dose de nitrogênio. A dose de 200 kg N ha⁻¹ aumentou as porcentagens de lâmina foliar, pseudocolmo e inflorescência. A fração de material senescente das plantas de capim-marandu não foi significativo para os diferentes fatores. (Tabela 6).

Tabela 6. Porcentagem de lâmina foliar, pseudocolmo, material senescente, inflorescência e relação folha: colmo (F:C) do capim-marandu em função dos diferentes arranjos de plantio e doses de nitrogênio

Dose (kg ha ⁻¹)	Arranjo de plantio			Média	CV (%)	P-valor		
	12x2m	12x3m	Mono			Arranjo	Dose	Interação
	Lamina foliar (%)				9,01	0,2176	<0,0001	0,2813
0	53,62	54,23	53,16	53,67B				
100	51,31	51,60	57,23	53,38B				
200	59,30	59,11	60,56	59,66A				
Média	54,74	54,98	56,98					
	Pseudocolmo (%)				17,61	0,0614	<0,0001	0,272
0	27,12	25,56	25,75	26,14B				
100	29,08	28,32	23,64	27,01B				
200	34,91	35,67	29,68	33,42A				
Média	30,37	29,85	26,36					
	Material senescente (%)				49,11	0,065	0,6337	0,1107
0	1,73	1,62	3,61	2,32				
100	2,56	2,40	2,16	2,37				
200	2,48	2,29	3,06	2,61				
Média	2,26	2,10	2,94					
	Inflorescência (%)				115,14	0,4888	<0,0001	0,6398
0	0,45	0,25	0,49	0,40B				
100	0,22	0,35	0,30	0,29B				
200	0,86	0,98	1,39	1,08A				
Média	0,51	0,53	0,73					
	F:C				19,99	0,0086	0,0315	0,1525
0	2,02	2,14	2,08	2,08A				
100	1,80	1,86	2,46	2,04AB				
200	1,72	1,68	2,09	1,83B				
Média	1,84b	1,89b	2,21a					

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e pela mesma letra minúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Não houve diferença significativa na porcentagem de lâmina foliar, pseudocolmo e inflorescência quando se adicionou 100 kg N ha⁻¹ em comparação aos tratamentos sem adubação (Tabela 6).

Não houve efeito significativo de arranjo de plantio na porcentagem de pseudocolmo do capim-marandu (Tabela 6).

Embora não tenha sido observado efeito dos tratamentos na porcentagem de material senescente do capim-marandu, houve uma redução de 23,12% e de 28,57% nos arranjos de plantio 12x2 e 12x3m, respectivamente, em comparação ao monocultivo do capim-marandu (Tabela 6). Esses resultados são importantes, pois podem ser a base para a recomendação de

uma nova estratégia de manejo de sistemas consorciados com árvores, reduzindo a meta de manejo do pasto de 95 % da IL para esses sistemas.

O sombreamento reduziu a relação folha:colmo do capim-marandu, sem diferença significativa entre os arranjos com eucalipto, em relação ao monocultivo. A dose de 200 kg N ha⁻¹ reduziu em 12,01 % a relação folha:colmo do capim marandu em relação aos tratamentos sem adubação (Tabela 6).

6.6 Teores de clorofila do capim-marandu

Para os teores de clorofila *a*, *b*, relação *a/b* e total houve apenas efeito de dose de nitrogênio, não sendo observado efeito de arranjo de plantio e nem da interação entre os fatores. Observou-se que os teores de clorofila *a*, *b* e total foram maiores nas doses de 100 e 200 kg ha⁻¹, mostrando o efeito direto desse nutriente nos teores de clorofila. Na clorofila *a* houve um aumento de 7,01% com a aplicação da dose de 100 kg N ha⁻¹ e de 6,5% com a dose de 200 kg N ha⁻¹, em relação ao tratamento sem adubação. As doses de nitrogênio também aumentaram a clorofila *b* em 13,43% e 14,22% com adição de 100 e 200 kg N ha⁻¹, respectivamente, em relação às parcelas sem adubação (Tabela 7).

A relação clorofila *a/b* diminuiu com as doses de nitrogênio e observou-se aumento na clorofila total. Esses resultados mostram que a adubação interferiu mais efetivamente no teor da clorofila *b* que aumentou, provocando redução na relação clorofila *a/b*, porém, aumentando a clorofila total (Tabela 7). Não foi observado efeito de arranjo de plantio nos teores clorofila.

Tabela 7. Teores de clorofila do capim-marandu em função dos diferentes arranjos de plantio e doses de nitrogênio

Dose (kg ha ⁻¹)	Arranjo de plantio			Média	CV (%)	P-valor		
	12x2m	12x3m	Mono			Arranjo	Dose	Interação
	Clorofila <i>a</i>				12,78	0,2069	0,0015	0,5939
0	28,75	28,92	28,14	28,61B				
100	31,99	30,18	30,15	30,77A				
200	31,03	30,73	29,99	30,58A				
Média	30,59	29,94	29,43					
	Clorofila <i>b</i>				15,45	0,9611	0,007	0,7472
0	8,73	8,60	7,82	8,38B				
100	9,31	9,59	10,13	9,68A				
200	9,97	9,73	9,62	9,77A				
Média	9,34	9,31	9,19					
	Clorofila <i>a/b</i>				16,19	0,1365	0,0397	0,5442
0	3,64	3,72	3,87	3,75A				
100	3,65	3,49	3,93	3,69AB				
200	3,49	3,47	3,53	3,50B				
Média	3,60	3,56	3,78					
	Clorofila total				13,04	0,3346	< 0,001	0,8647
0	37,49	37,52	35,96	36,99B				
100	41,30	39,77	40,28	40,45A				
200	41,00	40,45	39,61	40,35A				
Média	39,93	39,25	38,62					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

7. DISCUSSÃO

7.1 Produção, número de ciclos, taxa de acúmulo e eficiência da adubação nitrogenada capim-marandu

Os resultados observados no presente estudo aportam que plantas de capim-marandu cultivadas em consórcios em sistemas silvipastoris são mais eficientes no uso da adubação nitrogenada, quando em comparação a monocultura, possivelmente o que se deve ao maior teor de água no solo para absorção deste nutriente, além da menor temperatura no ecossistema, o que favorece a eficiência no uso da água pela planta e um maior sistema radicular.

Faria et al. (2018) avaliaram as características produtivas e qualitativas da *Brachiaria decumbens* e *B. ruziziensis* submetidas a três níveis de sombreamento artificial (0, 36 e 54%) e quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 mg dm⁻³ de solo). Os autores observaram que a produção de forragem foi influenciada pela dose de nitrogênio, mas nenhum efeito significativo foi observado para sombreamento em relação aos tratamentos a pleno sol. Os valores de produção de forragem foram semelhantes nas duas doses mais baixas de nitrogênio, mas eram diferentes quando se aplicava 100 e 150 mg por vaso de nitrogênio. Esse efeito positivo da fertilização nitrogenada também foi observado em outros estudos (CORRÊA et al., 2007; JOHNSON et al., 2001).

Fernández et al. (2004) também observaram que a produção de forragem foi influenciada apenas quando as plantas foram submetidas a sombreamento de 70%. De acordo com os autores, o fato do sombreamento moderado não afetar a produção indica que essas espécies apresentam tolerância relativa à luminosidade reduzida, o que é possível devido ao desenvolvimento de alguns mecanismos morfofisiológicos.

De acordo com Martuscello et al. (2009) a produção satisfatória do capim-braquiária em ambientes com sombreamento de 50% foi devido ao fato das plantas usarem mais os nutrientes para desenvolvimento da parte aérea em detrimento das raízes.

Entretanto, Gobbi et al. (2009) encontraram redução linear significativa na produção de massa seca do capim-braquiária em dois cortes avaliados. No primeiro corte, a redução na produção foi de 15 e 35% e, no segundo, de 41 e 69% respectivamente para os níveis de 50 e 70% de sombreamento em relação ao tratamento a pleno sol.

Castro et al. (1999) verificaram redução de 31 e 46% na produção de massa seca do capim-braquiária sob 30 e 60% de sombra artificial. Paciullo et al. (2007), avaliando as características

morfológicas do capim-braquiária em um sistema silvipastoril, observaram redução de 53% na produção de forragem do sub-bosque sob 65% de sombra e de 8% sob 35% de sombra.

De acordo com Matthew et al. (1995) a produção de forragem sob sombreamento não reduz de forma significativa devido ao fato da redução no número de perfilhos ser compensada pelo tamanho dos perfilhos como foi observado na atual pesquisa (Tabela 4).

A resposta do capim-marandu a adubação nitrogenada foi avaliada por vários autores. Oliveira et al. (2014) avaliaram as características agrônômicas do capim-marandu submetidos a cinco níveis de nitrogênio (0, 25, 50, 75, 100 kg ha⁻¹) e encontraram que as doses de nitrogênio apresentaram incremento na produção de 45,54 kg de massa seca à medida que se aumenta a quantidade de 1 kg N ha⁻¹, recomendando a dose entre 80 e 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Carvalho et al. (2017) avaliaram o acúmulo de forragem e a estrutura dos dosséis de capim-marandu em resposta à adubação nitrogenada e verificaram que a aplicação de 200 kg N ha⁻¹ aumentou a produção de forragem, bem como o acúmulo de forragem durante o período de diferimento.

Cardoso et al. (2015) avaliaram a resposta de diferentes doses de nitrogênio (170, 340, 510 kg ha⁻¹) na produtividade do capim-marandu e encontraram que a produtividade de matéria seca total aumenta com a dosagem de nitrogênio e a dose de 510 kg ha⁻¹ proporcionou maior rendimento de forragem, porém Sales et al. (2013) concluíram que o capim-marandu tem potencial para responder a doses de nitrogênio de até 400 kg ha⁻¹.

Fagundes et al. (2005) trabalhando com aplicação de nitrogênio na *Brachiaria decumbens* durante o ano, encontraram efeito linear das doses de nitrogênio sobre a produção de matéria seca da gramínea. Costa et al. (2009) também encontraram efeito linear do nitrogênio sobre a produção de massa seca de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Marandu, Xaraés e MG-4), enquanto Santos et al. (2009), ao estudarem pastos diferidos de capim-braquiária adubados com nitrogênio, observaram que as massas de forragem total e dos seus componentes morfológicos aumentaram de forma linear com o aumento do período de diferimento e das doses de nitrogênio.

Castagnara et al. (2011) avaliaram os efeitos de doses crescentes de nitrogênio (0, 40, 80 e 160 kg ha⁻¹) sobre as características morfogênicas, estruturais e produtivas das gramíneas *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça e *Brachiaria* spp. cv. Mulato e observaram que a aplicação de nitrogênio aumenta a produção e a taxa de acúmulo das espécies, além do número de ciclos.

O número de ciclos e intervalos de pastejo ao longo do ano, no presente trabalho, variou de acordo com a adubação utilizada. Foram observados cinco ciclos de pastejo e intervalo médio

entre cortes de 82,4 dias para os tratamentos sem adubação nitrogenada; cinco ciclos de pastejo com intervalo de 76,8 dias para os tratamentos com 100 kg N ha⁻¹; e seis ciclos de pastejo com intervalo médio de 68,5 dias para os tratamentos com adubação de 200 kg N ha⁻¹.

Ribeiro (2016) trabalhou com o capim-marandu em sistema silvipastoril em diferentes alturas de manejo do pasto sob lotação rotativa encontrando para a altura de pastejo de 45 cm uma média de intervalo de pastejo de 81 dias, assemelhando-se ao intervalo de pastejo observado no presente experimento nos tratamentos sem adubação nitrogenada. O autor ainda observou um total de ciclos de pastejo de seis, cinco e quatro ciclos para as alturas de pastejo de 25, 35 e 45 cm compreendendo as estações primavera e verão e outono de dois anos consecutivos.

Machado (2016) ao avaliar frequências de pastejo baseadas em diferentes alturas de pré-pastejo do capim-braquiária em sistema silvipastoril verificou que em sistemas silvipastoris, os intervalos de pastejos foram maiores em relação aos do monocultivo, mesmo na menor altura pré-pastejo. Ainda de acordo com o autor, vale realçar que esse padrão de resposta foi observado à medida que aumentou a altura de manejo nos sistemas silvipastoris.

Lopes et al. (2017) trabalharam com o capim-braquiária submetida a três regimes de luz (0, 20 e 70% de sombreamento natural) e dois níveis de fertilização (presença ou ausência de nitrogênio, fósforo e potássio) com o objetivo de avaliar a estrutura do dossel. Os autores encontraram que a taxa de acúmulo de forragem foi afetada pela interação entre o grau de sombreamento e fertilização. O maior acúmulo de forragem foi observado sob pleno sol, independentemente da fertilização. Sob sombreamento intenso os autores observaram redução acentuada na taxa de acúmulo de forragem nos dois níveis de adubação. Além disso, observou-se uma vantagem clara para o tratamento com adubação na condição de pleno sol em comparação com a ausência do fertilizante.

Machado (2016) ao avaliar o capim-braquiária em diferentes alturas de pré-pastejo em sistema silvipastoril observou que a taxa de acúmulo de forragem no sistema silvipastoril foi menor em relação ao monocultivo em todas as alturas no pré-pastejo e período de avaliação, sendo essas reduções menos evidente quando o pasto foi manejado com 40 cm.

A menor taxa de acúmulo nos sistemas silvipastoris em relação ao monocultivo pode ser explicada pelo fato de as gramíneas de clima tropical serem plantas de metabolismo fotossintético C4. Plantas desse grupo são responsivas à grande quantidade de radiação e conseqüentemente, mais produtiva na condição de pleno sol (TAIZ et al., 2017). Nesse contexto, Paciullo et al. (2007) observaram redução de 53% na produção de massa seca do capim-braquiária sob 65% de sombra e 8% sob 35% de sombra, em relação ao monocultivo.

Taxas de acúmulo de massa seca de $87 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}$ foram observadas por Silveira et al. (2013) em capim-mulato, no período do verão adubado com 270 kg de nitrogênio. Gimenes et al. (2011) encontraram taxa de acúmulo médio diário de 65 kg ha^{-1} para o capim-marandu adubada com 200 kg de nitrogênio, no período de primavera e verão. Esse valor foi semelhante à taxa de acúmulo encontrada para o monocultivo no presente estudo.

Castagnara et al. (2011) avaliaram as características morfológicas, estruturais e produtivas das gramíneas *Panicum maximum* cv. Tanzânia e Mombaça e *Brachiaria* sp. cv. Mulato com doses crescentes de N ($0, 40, 80$ e 160 kg ha^{-1}) e observaram que a cada 40 kg N ha^{-1} aplicado tinha-se um acréscimo de $25 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de matéria seca.

A resposta à eficiência de utilização do nitrogênio pelas forrageiras é variável. Fagundes et al. (2005) trabalhando com *Brachiaria decumbens* e doses crescentes de nitrogênio, observaram que com o aumento das doses houve uma redução linear na eficiência de utilização do nitrogênio. Heringer e Moojen (2002) trabalhando com milho sob adubação nitrogenada ($0, 150, 300, 450, 600 \text{ kg ha}^{-1}$) obtiveram resposta linear negativa para a eficiência de utilização do nitrogênio. Esses últimos autores observaram que houve uma crescente redução na produção de massa seca para cada 1 kg de nitrogênio, com valores de 45 e 14 para as doses de nitrogênio de 150 e 600 kg ha^{-1} , respectivamente.

Castagnara et al. (2011) avaliaram os efeitos de doses crescentes de nitrogênio ($0, 40, 80$ e 160 kg ha^{-1}) sobre as características morfológicas, estruturais e produtivas das gramíneas *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça e *Brachiaria* spp. cv. Mulato e constataram que a eficiência máxima do uso do nitrogênio para a produção de massa seca dos capins Mombaça, Tanzânia e Mulato foram obtidas com a dose de 108 kg ha^{-1} .

7.2 Intercepção luminosa, índice de área foliar, altura, altura estendida e índice de tombamento (IT) do capim-marandu

A redução de 18% no sombreamento quando o arranjo de plantio passou de $12 \times 2 \text{ m}$ para $12 \times 3 \text{ m}$ está relacionado diretamente com a maior quantidade de árvores no espaçamento de $12 \times 2 \text{ m}$, o que conseqüentemente reduziu a RFA incidente no dossel do capim-marandu (Tabela 2). Até dois anos do replantio das plantas de eucalipto não se observou diferença de altura e DAP nos diferentes espaçamentos das árvores. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Santos et al. (2019).

A redução na incidência de luz vermelha (V) foi de 34 e 29% , a redução do vermelho distante (Ve) de 29 e 25% e a redução da relação V/V_e foi de 9 e 7% para os espaçamentos das árvores de 12×2 e $12 \times 3 \text{ m}$, respectivamente, em relação ao pleno sol (Tabela 2).

O efeito do sombreamento no crescimento de plantas apresenta uma série de respostas complexas resultantes do processo de extinção da luz pelo dossel forrageiro: redução da densidade de fluxo de fótons fotossintéticos que reduz a assimilação de carbono pelas plantas (efeito trófico), mudança de qualidade de luz percebida pela planta através de uma redução na relação vermelho e vermelho distante (V:Ve) e redução da luz azul (efeitos morfogênicos) (LEMAIRE, 2001).

Nos sistemas silvipastoris, a IL foi menor em comparação ao monocultivo, como era esperado, devido a menor incidência de luz causada pelo sombreamento das árvores. A menor incidência da RFA em sistemas sombreados altera várias características morfológicas das plantas como: alongamento de colmo e lâmina foliar, redução da densidade populacional de perfilhos e maior altura do dossel (PACIULLO et al., 2007; GOBBI et al., 2009; PACIULLO et al., 2017). Essas mudanças morfológicas interferem diretamente na IL, uma vez que seu cálculo é obtido entre a diferença de RFA sobre o dossel e abaixo do dossel das plantas forrageiras, desta forma em sistemas sombreados a IL diminui pelo fato da radiação acima do dossel ser menor e a que chega abaixo tender a ser maior devido as mudanças morfológicas das plantas sob sombreamento em relação a plantas cultivadas em pleno sol.

Para o IAF, foi observado efeito de arranjo de plantio e doses de nitrogênio, sem efeito da interação entre os fatores. O sombreamento, nos sistemas silvipastoris, reduziu o IAF das plantas de capim-marandu comparado com o monocultivo, em 38,91 e 36,45%, nos arranjos de plantio 12x2 e 12x3m, respectivamente. Já ao se avaliar o efeito das doses de nitrogênio para o IAF, observou-se que os tratamentos sem adubação nitrogenada apresentaram os menores valores de IAF, não havendo diferença entre as duas doses de adubação (Tabela 3).

O IAF é uma medida importante para caracterizar a interceptação luminosa e o potencial de produção de plantas em diferentes ambientes (HIKOSAKA, 2005) e alguns estudos com plantas forrageiras confirmam a redução desse índice em dosséis de plantas sombreadas (WONG & STÜR, 1995; GARCEZ NETO, 2006).

O IAF é a razão entre a área total das folhas da planta e a superfície de solo coberta (GIVNISH, 1988), sendo uma característica determinante da intensidade de competição por luz entre as plantas individuais, de forma que quando o IAF atinge o valor 1, algumas folhas superiores começam a sombrear as folhas inferiores (LEMAIRE, 2001). Humphreys (1991) relatou que em geral, nos pastos, valores de IAF crítico situam-se normalmente entre 3 e 5, resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho para o capim-marandu em monocultivo.

Ainda de acordo com Chapman e Lemaire (1993) o IAF é considerado o principal componente estrutural do pasto estando sensível a diferentes frequências e intensidades de pastejo em pastagens submetidas à lotação rotativa, pois influencia a interceptação de luz e a dinâmica de rebrotação da planta forrageira; sendo essencial para a compreensão do processo de acúmulo de forragem e planejamento das práticas de manejo do pasto (DA SILVA E NASCIMENTO JR, 2007).

Dosséis com maiores camadas de folhas apresentam maior potencial de assimilação de carbono por possuírem maior quantidade de tecido fotossintético, no entanto, isso implica em maior auto sombreamento, o que reduz a taxa fotossintética em folhas inferiores, aumentando a possibilidade de algumas folhas não renderem um retorno energético líquido (GIVNISH, 1988).

Santos et al. (2017a) avaliaram as características estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Piatã (capim-piatã) em monocultivo submetida a quatro doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) e períodos de diferimento longo (127 dias) e curto (79 dias). Os autores observaram que o IAF e IL aumentaram com a aplicação de nitrogênio.

Ribeiro (2016) ao avaliar o capim-marandu em sistema silvipastoril com diferentes alturas de manejo do pasto sob lotação rotativa, encontrou que o IAF pré-pastejo do capim-marandu foi influenciado pela altura de pastejo, estação do ano e pela interação altura de pastejo e estação do ano. Foi observado pelo autor que o IAF reduziu na altura de pastejo de 45 cm, porém, não diferiu da altura de pastejo de 35 cm sendo 66 % menor em relação à altura de 25 cm. Os resultados mostram a relação entre o aumento na altura de pastejo e redução no IAF.

Paciullo et al. (2007) avaliaram o IAF em plantas de capim-braquiária sob sombreamento em sistema agrossilvipastoril e sob alta intensidade luminosa. Os autores relataram uma redução significativa no IAF de plantas sombreadas em relação às plantas sob pleno sol. A baixa luminosidade promoveu modificações estruturais no dossel de capim-braquiária que permitiram aumento da IL mesmo com baixo IAF.

O IAF em gramíneas é produto da densidade populacional de perfilhos e da área foliar por perfilho (MATTHEW et al., 2000). Paciullo et al. (2007) e Gobbi et al. (2009) encontraram redução linear nos valores de IAF para capim-braquiária submetido a níveis crescentes de sombreamento. Segundo os autores, a redução no valor do IAF pode estar relacionada com a redução do número total de folhas em decorrência da redução no número de perfilhos da espécie estudada.

No presente estudo, foi observado efeito de interação entre arranjo de plantio e dose de nitrogênio sobre a altura e altura estendida do capim-marandu (Tabela 3). Esse efeito mostrou-

se semelhante para as duas variáveis analisadas. Ao se avaliar cada arranjo de plantio para as diferentes doses de nitrogênio, observou-se que a adubação com nitrogênio aumentou a altura e altura estendida do capim-marandu tanto no monocultivo como nos sistemas silvipastoris.

Em relação aos arranjos de plantio em cada dose de nitrogênio, observou-se que para todas as doses de nitrogênio a maior altura e altura estendida das plantas de capim-marandu foram observadas nos sistemas silvipastoris em comparação com o monocultivo. As plantas de capim-marandu nos tratamentos sem adubação e com a dose de 200 kg N ha⁻¹ de nitrogênio nos sistemas silvipastoris apresentaram maior altura e altura estendida em relação ao monocultivo, não havendo diferença significativa entre os arranjos com eucalipto. Ao se analisar a altura e altura estendida das plantas de capim-marandu adubadas com 100 kg N ha⁻¹, observou-se que no arranjo de 12x2 m a forrageira atingiu maiores alturas em relação ao espaçamento de 12x3m (Tabela 3).

As plantas podem se aclimatar aos ambientes luminosos por meio de diferentes estratégias e em diferentes níveis. Elas podem alterar a arquitetura do dossel, modificando sua capacidade de interceptar a luz disponível. Esses mecanismos de aclimação podem permitir que as plantas tolerem diferentes níveis de sombreamento (FERNÁNDEZ et al., 2004).

A altura do dossel está relacionada com a disposição vertical dos perfilhos em busca de maior quantidade de radiação a ser interceptada. Esse resultado corrobora com os encontrados na literatura para o capim-braquiária, capim-marandu e capim-xaraés, todos do gênero *Brachiaria* (GOBBI et al., 2009; MARTUSCELLO et al., 2009). A maior altura de dossel também foi reportada por Cândido et al. (2005) trabalhando com *Panicum maximum* cv. Mombaça (capim-mombaça) sob três períodos de descanso, no qual o maior período de descanso proporcionou sombreamento mútuo entre as plantas, resultando no alongamento do colmo.

Maiores alturas de dossel também foram observadas para *Axonopus catharinensis* (grama missinoneira gigante), *Brachiaria brizantha* (capim-marandu), *Panicum maximum* (capim-aruana), *Hemarthria altíssima* (capim-hemértria), *Cynodon* spp. (capim-tifton 85) por Baldissera et al. (2016) em Ponta Grossa-PR manejadas com 95% de IL em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta quando comparadas com plantas cultivadas em monocultivo com a mesma IL.

Machado (2016) ao trabalhar com frequências de pastejo baseadas em diferentes alturas de pré-pastejo do capim-braquiária em sistema silvipastoril observou uma altura pré-pastejo de 40 cm para a forrageira no sistema silvipastoril, enquanto em monocultivo o capim-braquiária

manejado com 95% de IL apresentou altura média de 24 cm nos primeiros ciclos de pastejo, estabilizando-se próximo dos 20 cm nos demais ciclos em relação ao monocultivo.

Gobbi et al. (2009) observaram aumento da altura média do dossel do capim-braquiária com 50% de sombreamento relacionando o resultado com o maior comprimento da bainha, colmo e da lâmina foliar das plantas submetidas ao sombreamento.

Silva et al. (2013) encontraram incremento em alturas médias de plantas de capim-marandu de 78, 89 e 77 cm, trabalhando com doses de 300 kg ha⁻¹ de nitrogênio, que apresentaram aumentos de 160, 85 e 114% em relação à testemunha que não recebeu adubação. Deste modo, como também foi encontrado no presente trabalho, pode-se afirmar que as doses de nitrogênio aplicadas nos pastos promoveram um aumento na altura de plantas.

Esses resultados também foram observados por Rodrigues et al. (2008), que trabalhando com *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivada com a combinação de doses de nitrogênio e potássio, observaram que quando o nitrogênio foi aplicado houve um maior crescimento das plantas, fazendo com que as pastagens apresentassem um dossel forrageiro com alturas superiores. De acordo com Malavolta (2006), o nitrogênio desempenha várias funções estruturais relacionadas no processo de crescimento vegetativo das plantas, atuando como componente estrutural de enzimas e macromoléculas.

Segundo Santos et al. (2009b) maior período de diferimento resulta em perfilhos maiores, que confere às plantas maior comprimento, quando estendidas. Contrariamente, maior período de pastejo provoca diminuição da altura da planta estendida porque as folhas são consumidas durante esse período.

Teixeira et al. (2011) avaliaram as características estruturais de pastos de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk diferidos por 140 dias, com quatro estratégias de aplicação de nitrogênio no início e no final do período chuvoso (0-0, 100-0, 50-50, 0-100 kg ha⁻¹), e relataram aumento da altura da planta estendida com maior valor médio observado de 126,4 cm para a dose 100 kg ha⁻¹ no início e no final do período chuvoso. O maior valor de altura estendida, no presente experimento, foi de 91,49 cm para a dose de 100 kg ha⁻¹ no arranjo de plantio 12x2 m. Santos et al. (2009a) trabalhando com a *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk diferida por 120 dias e adubada com 0, 40, 80 e 120 kg N ha⁻¹, afirmaram que a altura da planta estendida aumentou nas pastagens submetidas ao maior período de diferimento e adubadas com maior dose de nitrogênio.

Observou-se efeito de dose de nitrogênio e arranjo de plantio para o índice de tombamento (IT) do capim-marandu (Tabela 3). Foi observado maior IT para os tratamentos sem adubação nitrogenada, não havendo diferença significativa entre os tratamentos com adubação

nitrogenada. Ao se avaliar os arranjos de plantio, observou-se que os sistemas silvipastoris não apresentaram diferença significativa entre si quanto ao IT, porém no monocultivo foi observado maior IT em relação aos tratamentos de plantas consorciadas com a arbórea. Sendo assim, a possibilidade de acamamento do capim-marandu foi maior no arranjo em monocultivo comparado aos sistemas silvipastoris, podendo inferir que os tratamentos sem adubação nitrogenada aumentam a possibilidade de acamamento da pastagem.

O IT é obtido através da altura estendida de plantas, que tem como finalidade determinar, de forma menos subjetiva, o grau de acamamento constatado em alguns pastos diferidos, sendo calculado pelo quociente entre a altura da planta estendida e a altura do pasto (SANTOS et al., 2010).

O IT foi proposto classificando pastos diferidos de capim-braquiária quanto ao nível de acamamento, estando diretamente relacionados com altura do pasto (SANTOS et al., 2009a). Segundo Santos (2007), o pasto é considerado sem acamamento quando IT é menor ou igual a 1,5; os pastos com IT entre 1,5 e 2,0 são classificados como moderadamente acamados; aqueles com IT maior que 2,0 são muito acamados. No presente trabalho, pode-se considerar que não houve acamamento dos pastos, pois para todos os tratamentos independentemente da dose de N e arranjo de plantio os valores de IT foram menores que 1,5.

7.3 Densidade populacional, comprimento de perfilho aéreo e basal e massa de perfilhos do capim-marandu

Santos et al. (2017a) avaliaram as características estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Piatã (capim-piatã) submetida a quatro doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) e períodos de diferimento longo (127 dias) e curto (79 dias). Os autores observaram que o menor período de diferimento resultou em maiores números de perfilhos basais e aéreos.

Faria et al. (2018) avaliaram as características produtivas e qualitativas da *Brachiaria decumbens* e *B. ruziziensis* submetidas a três níveis de sombreamento artificial (0, 36 e 54%) e quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 mg dm⁻³ de solo). Os autores observaram aumento no número de perfilhos com o aumento das doses de nitrogênio. Silva et al. (2013) observaram uma resposta semelhante quando trabalharam com *Brachiaria decumbens* e *B. brizantha* cv. Marandu fertilizadas com nitrogênio. Esses resultados revelam a importância do N na produção de novos perfilhos, o que pode resultar no aumento da produção de forragem além de contribuir para uma maior cobertura do solo.

Lopes et al. (2017) trabalharam com o capim-braquiária submetido a três regimes de luz (0, 20 e 70% de sombreamento natural) e dois níveis de fertilização (presença ou ausência de

nitrogênio, fósforo e potássio) com o objetivo de avaliar a estrutura do dossel. Os autores observaram que a densidade de perfilhos foi menor para sombreamento intenso do que as outras duas condições. A densidade de perfilhos também foi influenciada pela interação entre o grau de sombreamento e o nível de adubação e no sombreamento intenso, não houve efeito da adubação na densidade do perfilho. Ainda foi observado pelos autores que com adubação a densidade de perfilhos foi maior para pleno sol, intermediária para sombra moderada e menor para sombra intensa, sendo assim os autores perceberam que o sombreamento foi mais limitante do que o nível de fertilidade do solo para a densidade do perfilho.

Paciullo et al. (2017) trabalharam com as cultivares de *Panicum maximum* cv. Tanzania e Massai com o objetivo de avaliar as características morfogênicas, produção de biomassa e valor nutritivo quando submetidos a três níveis de sombreamento (0, 37 e 58%) e quatro níveis de adubação com nitrogênio (0, 50, 100 e 150 mg N dm⁻³). Foi observado pelos autores que a densidade de perfilhos diminuiu com o sombreamento para ambas as cultivares. A queda foi maior para o capim-massai (43%) do que para a capim-tanzania (30%), quando comparado sob pleno sol e sombra intensa. A densidade de perfilhos aumentou linearmente com a taxa de nitrogênio sob pleno sol e sombreamento moderado, semelhante a atual pesquisa.

Na literatura, vários autores encontraram redução do perfilhamento de plantas forrageiras submetidas ao sombreamento, estando este comportamento relacionado com a menor disponibilidade de luz, havendo relação oposta entre níveis de sombreamento e densidade de perfilhos (PACIULLO et al., 2011; CASTRO et al., 2010; MARTUSCELLO et al., 2009; GOBBI et al., 2009).

A menor densidade populacional de perfilhos está relacionada à menor quantidade de radiação que penetra no dossel forrageiro, a qual promove a ativação de gemas axilares e basais para formação de novos perfilhos (BAHMANI et al., 2000). Além disso, sob baixa irradiância, o suprimento reduzido de fotoassimilados é alocado preferencialmente para os perfilhos existentes, em detrimento às gemas axilares (ROBSON et al., 1988), inibindo a produção de novos perfilhos.

A redução do número de perfilhos com o sombreamento intenso mostra a importância da luz no surgimento de novos perfilhos em pastagens, já que a luz ativa as gemas basais e axilares, promovendo a formação de novos perfilhos (MORAIS et al., 2006; PACIULLO et al., 2011; ABRAHAM et al., 2014).

Gautier et al. (1999) demonstraram que tanto a redução da relação V:Ve quanto a diminuição do fluxo de fóton fotossintético determinam importantes efeitos sobre o desenvolvimento das plantas, principalmente por diminuírem o perfilhamento das gramíneas.

Ribeiro (2016) ao avaliar o capim-marandu em sistema silvipastoril em diferentes alturas de manejo do pasto sob lotação rotativa, constatou que a densidade de perfilhos do capim-marandu em sistema silvipastoril variou conforme a altura de pastejo, estação do ano e pela interação altura de pastejo e estação. A densidade de perfilho foi menor na altura de pastejo de 45 cm, em relação as alturas de pastejo de 25 e 35 cm.

Gobbi et al. (2009) observaram que níveis crescentes de sombra promovem diminuição linear na densidade populacional de perfilhos dossel do capim-braquiária sendo esta redução de 31 e 51% sob 50 e 70% de sombra no primeiro corte e de 44 e 69%, respectivamente no segundo corte. Porém, os autores observaram que o peso médio dos perfilhos só foi afetado de modo significativo no terceiro corte, com aumento linear de acordo com os níveis de sombra. Os autores relacionaram o aumento no peso dos perfilhos com o aumento significativo no comprimento da lâmina foliar e do colmo sob níveis crescentes de sombreamento.

Paciullo et al. (2007) também observaram redução no número de perfilhos no capim-braquiária quando foi exposto a 54% de sombreamento. Resultados semelhantes ao obtido por Martuscello et al. (2009) que observaram redução no número de perfilhos do capim-braquiária submetidos a sombreamento 50 e 70% de sombreamento.

De acordo com Peri et al. (2007), a redução na intensidade luminosa e as alterações na qualidade da luz sob sombra promovem redução no perfilhamento e diminuem o índice de área foliar de gramíneas, resultado semelhante aos encontrados na atual pesquisa (Tabela 3 e 4).

Os resultados diferentes na atual pesquisa quanto à ausência do efeito do sombreamento no perfilhamento deve-se possivelmente ao baixo percentual de sombra (27%) e (22%) (Tabela 1), impostos pelas plantas de eucalipto nos sistemas silvipastoris avaliados, com espaçamentos de 12x2 e 12x3 m, respectivamente, não inibindo as gemas axilares na formação de novos perfilhos.

No presente estudo, observou-se efeito de arranjo de plantio e de doses de nitrogênio na massa de perfilho totais do capim-marandu. As doses de nitrogênio não alteraram o peso dos perfilhos, porem verificou-se que o sombreamento reduziu a massa de perfilhos (Tabela 4).

Resultados diferentes foram encontrados por Machado (2016) que ao trabalhar com frequências de pastejo baseadas em diferentes alturas de pré-pastejo do capim-braquiária em sistema silvipastoril, verificou redução do perfilhamento em relação ao monocultivo em todas as alturas pré-pastejo e épocas do ano. Porém o mesmo autor encontrou aumento na massa de perfilho no sistema silvipastoril em relação a do monocultivo, com valores maiores observados no manejo com 40 e 50 cm de altura no segundo ano de avaliação. Nesse período de avaliação,

o aumento da massa de perfilho foi de 29, 59 e 111% nos manejos com 30, 40 e 50 cm de altura em relação ao do monocultivo.

Como a produção de forragem é produto da densidade populacional de perfilhos e do peso do perfilho (VALENTINE & MATTHEW, 2000), de acordo com Machado (2016) a diminuição da densidade populacional de perfilhos com o sombreamento e a não alteração do peso médio dos perfilhos do capim-braquiária ajudam a explicar a menor produção dessa gramínea sob sombra nos dois primeiros cortes analisados. No terceiro corte, apesar da redução na densidade populacional de perfilhos, o aumento do peso médio do perfilho com o aumento dos níveis de sombra pode justificar, em parte, a não alteração significativa da produção de matéria seca entre os níveis de sombreamento.

O capim-marandu foi avaliado por Ribeiro (2016) em sistema silvipastoril em diferentes alturas de manejo do pasto sob lotação rotativa. O autor observou que as massas de perfilho foram maiores na altura de pastejo de 45 cm, seguida pela altura de pastejo de 35 e 25 cm, que foram de 2,77, 2,10 e 1,17 g perfilho⁻¹, respectivamente. Esses valores encontrados pelo autor mostram a relação entre a altura de manejo do pastejo e a densidade populacional de perfilhos, que está diretamente relacionada com a massa de perfilhos.

Matthew et al. (1995) evidenciaram a existência de um mecanismo de compensação entre massa e densidade de perfilhos, de maneira que, à medida que a DPP reduz os perfilhos tornam-se mais pesados. Ainda de acordo com Pedreira et al. (2001), alocar maior quantidade de assimilados para o crescimento de perfilhos (especialmente colmos) em detrimento do desenvolvimento de novos deles é um mecanismo comum em forrageiras em condições de restrição de luz. Esse mecanismo não foi constatado no presente trabalho, uma vez que o sombreamento proporcionado pelos arranjos de plantio (12x2 e 12x3m) não reduziu de forma significativa a densidade populacional de perfilhos, e conseqüentemente não resultou em diferenças entre os arranjos de plantio para massa de perfilhos.

Foi observado efeito de arranjo de plantio para o comprimento de perfilho aéreo e basal do capim-marandu. O comprimento de perfilho aéreo foi em média 29,03 % maior no arranjo de plantio 12x3m e 19,51% no 12x2m em relação ao monocultivo de capim-marandu. Ao se analisar o comprimento de perfilho basal percebeu-se que o aumento foi de 15,24% no 12x3m e de 17,93% no 12x3m comparados ao monocultivo da espécie forrageira (Tabela 4).

Observou-se efeito significativo das doses de nitrogênio no comprimento de perfilho aéreo e basal. A dose de 200 kg N ha⁻¹ aumentou em 29,41% o comprimento dos perfilhos aéreos e em 28,88% o comprimento dos perfilhos basais em relação aos tratamentos sem adubação nitrogenada que não diferenciou da dose de 100 kg N ha⁻¹ (Tabela 4).

O maior comprimento de caules e pecíolos pode representar um esforço da planta para aumentar o acesso à luz disponível (PERI et al., 2007), promovendo melhor arranjo espacial das folhas e fazendo com que as plantas interceptem e utilizem a luz de forma mais eficiente (LIN et al., 2001). Ainda segundo Givnish (1988), a produção alocada nas estruturas de sustentação, como o caule ou colmo, aumenta com a altura da planta, refletindo no aumento desproporcional no tecido de suporte das plantas.

De acordo com Lemaire (2001) à medida que a competição pela luz dentro do dossel aumenta e a relação V:Ve e luz azul no dossel diminui o comprimento do pecíolo e o tamanho da lâmina foliar aumentam e em contrapartida cessa o surgimento de brotações axilares.

Santos et al. (2017a) avaliaram as características estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Piatã (capim-piatã) submetida a quatro doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) e períodos de diferimento longo (127 dias) e curto (79 dias). Segundo os autores o nitrogênio aumentou linearmente os comprimentos dos perfilhos vegetativos de capim-piatã.

Gobbi et al. (2008) avaliaram as características morfológicas e estruturais de *B. brizantha* em sombreamento artificial (em pleno sol, 50% e 70% de sombreamento). Os autores observaram que, à medida que se reduziu a disponibilidade de luz, houve aumento do comprimento de lâminas foliares e colmos, resultando em maior altura média do dossel.

Paciullo et al. (2008) avaliaram as características estruturais do capim-braquiária cultivado em três graus de sombreamento (0, 18 e 50%). Os autores observaram que o sombreamento eleva as taxas de alongamento de colmos, bem como o comprimento final do perfilho.

7.4 Frações das plantas de capim-marandu

Ribeiro (2016) verificou que a massa de colmo pré-pastejo do capim-marandu foi significativamente influenciada pela altura de pastejo e estação do ano em sistema silvipastoril sob lotação rotativa. O autor observou ainda que o capim-marandu na altura de pastejo de 45 cm apresentou maior massa de colmo pré-pastejo em relação as alturas de pastejo de 35 e 25 cm. A maior proporção de colmos em relação às folhas também foi descrita por Neto et al. (2010) para três forrageiras temperadas sob quatro níveis de sombreamento.

Alguns trabalhos têm mostrado que o sombreamento não influencia a produção de folhas (PACIULLO et al., 2008; GOBBI et al., 2009; SANTIAGO-HERNÁNDEZ et al., 2016; CRESTANI et al., 2017), o que coincide com o apresentado no presente trabalho, porém maior porcentagem de lamina foliar foi reportado por Lopes et al. (2017) para o capim-braquiária em sistema silvipastoril com dois sombreamentos naturais de 20 e 70%, em Coronel Pacheco-MG.

A maior porcentagem de lâmina foliar em relação à porcentagem de pseudocolmo também foi descrita por Jank et al. (2008) trabalhando com *Panicum maximum* sob sombreamento artificial de 54 e 81%. O aumento em porcentagem de pseudocolmo foi observado por Rodrigues et al. (2016) para o *P. maximum* cv. Mombaça (capim-mombaça) manejado com 50 cm, plantado em consórcio com palmeiras Babaçu em relação às plantas cultivadas sob pleno sol, devido à maior alocação de fotoassimilados no alongamento de folhas que colmo em sombreamentos intermediários.

Wilson et al. (1990) verificaram que a proporção de folhas verdes foi maior e a de material morto menor, nas plantas de *Paspalum notatum* no sub-bosque de *Eucalyptus grandis*.

Embora o critério de interrupção da rebrotação com 95% de IL baseia-se no IAF crítico, momento em que ocorrem incrementos na proporção de colmos e forragem senescente e a consequente redução na porcentagem de lâminas foliares (PARSONS E PENNING, 1988; CARNEVALLI et al., 2006; ZEFERINO, 2006; PEDREIRA et al., 2007), a principal preocupação em se manejar pastagens em sistemas silvipastoril gira em torno da necessidade de se controlar a altura da forrageira, porém Ribeiro (2016) não observou efeito de altura de pastejo para a senescência do capim-marandu em sistema silvipastoril com manejo do pasto sob lotação rotativa. Segundo o autor a massa senescente pós-pastejo do capim-marandu em sistema silvipastoril variou conforme a estação do ano e pela interação altura de pastejo e estação do ano.

Castro et al. (1999) observaram redução no acúmulo de material morto de algumas gramíneas tropicais. Esses autores sugeriram que a redução no acúmulo de material morto em plantas sombreadas, ou a sua não alteração, pode estar relacionada às condições microclimáticas do ambiente sombreado, como o maior teor de umidade do solo e as temperaturas mais amenas.

Gobbi et al. (2009) também observaram que a proporção de material morto do capim-braquiária não foi afetada pelos níveis de sombreamento. Os autores encontraram uma proporção de material morto de 62 e 60% menor sob os níveis de 50 e 70% de sombra, respectivamente, em comparação ao valor obtido a pleno sol.

Em estudo realizado por Cruz (1997) constatou redução no acúmulo de tecidos mortos da gramínea tropical *Dichanthium aristatum* submetida a sombreamento crescente e sugeriu que as plantas priorizam as folhas verdes na alocação de carbono e nitrogênio sob sombra. De acordo com Reich et al (1991), as espécies tolerantes à sombra apresentam maior longevidade das folhas, ou seja, mantêm suas folhas verdes por período mais longo e aumentam seu potencial de retorno fotossintético, compensando a redução da radiação incidente.

Foi encontrado por Oliveira et al. (2014), que ao trabalharem com o capim-marandu submetido a cinco níveis de nitrogênio (0, 25, 50, 75, 100 kg ha⁻¹) verificaram que as doses de nitrogênio diminuíram a relação folha:colmo de 0,015 a cada kg ha⁻¹ de nitrogênio aplicado, sendo que na média as doses apresentaram valores de 2,24 e 1,41 para a dose 0 e 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio respectivamente. Carard et al. (2008) avaliando o efeito de doses de nitrogênio no desenvolvimento de cultivares de *Brachiaria brizantha* também observaram que doses crescentes de nitrogênio proporcionaram uma redução na relação folha:colmo do capim-marandu.

Cardoso et al (2015) avaliaram a resposta de fontes e doses de nitrogênio na produtividade do capim-marandu e observaram que a relação folha:colmo do capim-marandu não foi influenciada pelas fontes e doses de nitrogênio.

De acordo com Magalhães (2010), maiores produções de colmo nas forrageiras pode diminuir o valor nutritivo e o aproveitamento da forragem pelos animais, pois os ruminantes consomem preferencialmente as folhas em pastejo. Esse autor afirma também que a adubação nitrogenada não promove apenas o crescimento de folhas e perfilhos, mas também o crescimento dos colmos, ou seja, promove o aceleração da maturidade das plantas.

A relação folha:colmo é uma variável que indica a qualidade das pastagens e eficiência de pastejo, pois quanto maior essa relação, melhor para os animais, pois eles possuem o hábito de consumirem preferencialmente as folhas e com isso haverá o maior aproveitamento da pastagem (CARDOSO et al., 2015).

7.5 Teores de clorofila do capim-marandu

A literatura mostra que em ambientes sombreados há uma discrepância entre a energia e o fluxo de *quanta* que chega ao dossel das plantas no sub-bosque, devido à absorção seletiva de comprimento de ondas fotossinteticamente ativas pela copa das árvores. Assim, a radiação difusa que chega ao sub-bosque apresenta maior proporção de vermelho distante e infravermelho, apresentando também aumento na proporção no comprimento de onda verde em relação as vermelha e azul (BOARDMAN, 1977).

Ainda há relatos na literatura que pode ocorrer maior acúmulo de clorofila *a* como uma resposta dos vegetais para melhorar o aproveitamento da luz em ambientes sombreados e uma maior concentração de clorofila por centro de reação nos cloroplastos em folhas expostas à sombra, com razão entre a clorofila *b* e *a* mais elevada, quando comparada a folhas a pleno sol

(TAIZ et al., 2017). Entretanto, de acordo com Boardman (1977), maior quantidade de clorofila *b* em relação à clorofila *a* em plantas sombreadas pode ocorrer como uma forma de aumentar a capacidade de absorção de luz na região do comprimento de onda entre grande parte do azul e as bandas vermelhas da clorofila *a*.

Oliveira et al. (2013) encontraram que as concentrações de clorofila *b* nas folhas de *Panicum maximum* cv. Tanzânia e de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina, cultivadas à sombra e ao pleno sol foram similares. Para a clorofila *a*, maiores teores da substância foram encontrados em plantas sombreadas das duas espécies forrageiras, quando comparadas às mantidas a pleno sol.

Soares et al. (2009) relacionaram o aumento na clorofila *a* com o aumento na concentração de nitrogênio, devido ao fato da planta reduzir sua massa seca para acumular componentes, como água, minerais e produzir clorofila *a*. As maiores concentrações de clorofila *a* podem explicar a coloração verde mais intensa, observada em plantas sombreadas, quando comparadas as plantas mantidas a pleno sol.

Dias-Filho (2002) trabalhou com duas gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* (*B. brizantha* e *B. humidicola*) sob pleno sol e 70% sombreamento, e encontrou diferença na relação clorofila *a* e *b* para a *B. humidicola*, enquanto essa variação não foi significativa para a *B. brizantha*. A *B. humidicola* apresentou redução na relação clorofila *a* e *b* presentes nos cloroplastos, o que pode indicar uma maior adaptação do sistema coletor de luz em plantas de *B. brizantha*. No entanto, outra hipótese pôde ser proposta, de forma que esse comportamento indique menor plasticidade em ambientes de luminosidade reduzida.

8. CONCLUSÃO

Com a adubação nitrogenada, o nível de sombreamento (22 e 27%) não se tornou um fator limitante para a produção e taxa de acúmulo do capim-marandu. Sob sombra moderada, a adubação com nitrogênio é importante para manter a população de perfilhos, contribuindo para a persistência da pastagem e produção do capim-marandu.

Os resultados demonstraram que os tratamentos com 200 kg N ha⁻¹ e manejados a 80% da IL nos sistemas silvipastoris apresentam maior porcentagem de lâmina foliar, pseudocolmo e inflorescência e menor relação folha: colmo, além de maior número de perfilhos aéreos e comprimento de perfilhos, o que possivelmente resultou em maior produção e acúmulo de massa seca do capim-marandu.

A melhor eficiência da adubação nitrogenada para o capim-marandu nos sistemas silvipastoris foi obtida com a dose de 200 kg N ha⁻¹.

O capim-marandu em sistema silvipastoril, sem aplicação de nitrogênio e nos espaçamentos 12x2 e 12x3 m, deve ser manejado com altura de pré-pastejo de 60 cm e 73% de IL.

Com a adubação de 100 kg N ha⁻¹, o capim-marandu em sistemas silvipastoris nos espaçamentos 12x2 e 12x3 m, devem ser manejados com altura de 68 cm e 84% de IL.

O capim-marandu em sistemas silvipastoris nos arranjos de plantio 12x2 e 12x3 m com aplicação de 200 kg N ha⁻¹ apresentaram a maior produção e acúmulo de forragem quando manejado com 80% da IL, correspondendo a altura de 67 cm.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAM E.M.; KYRIAZOPOULOS A.P.; PARISSI Z.M. et al. Growth, dry matter production, phenotypic plasticity, and nutritive value of three natural populations of *Dactylis glomerata* L. under various shading treatments. **Agroforestry Systems**, 88, 287–299, 2014.
- ALLARD, G.; NELSON, C.J.; PALLARDY, S.G. Shade effects on growth of tall fescue: I. leaf anatomy and dry matter partitioning. **Crop Science**, v. 31, p. 163-167, 1991.
- ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G. Fatores limitantes ao crescimento do capim-tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na região dos cerrados de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1.178-1.185, 2001.
- ANDRADE, C. M. S.; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C.; VAZ, F. A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 263-270, 2004.
- BAHMANI, I.; HAZARD, L.; VARLET-GRANCHER, C. et al. Differences in tillering of long-and short-leaved perennial ryegrass genetic lines under full light and shade treatments. **Crop Science**, v. 40, n. 4, p. 1.095-1.102, 2000.
- BALDISSERA, T. C.; DA SILVEIRA PONTES, L.; GIOSTRI, A. F. et al. Sward structure and relationship between canopy height and light interception for tropical C4 grasses growing under trees. **Crop and Pasture Science**, v. 67, n. 11, p. 1.199-1.207, 2016.
- BARBOSA, M. A. F.; NASCIMENTO JR., D.; CECATO, U. Dinâmica da pastagem e desempenho de novilhos em pastagem de capim-tanzânia sob diferentes ofertas de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1.594-1.600, 2006.
- BARDUCCI, R.S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, E.; PUTAROV, T.C.; SARTI, L.M.N. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009.
- BARUCH, Z.; GUENNI, O. Irradiance and defoliation effects in three species of the forage grass *Brachiaria*. **Tropical Grasslands**, v. 41, p. 269-276, 2007.
- BERNARDINO, F. S.; TONUCCI, R. G.; GARCIA, R.; NEVES, J. C. L.; ROCHA, G. C. Produção de matéria seca e taxa de acúmulo de forragem em um sistema silvipastoril adubado com fertilizantes nitrogenado e pótássico. In: Congresso Nordeste de Produção Animal, 5, 2008, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Nordeste de Produção Animal: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008b.
- BERNARDINO, F.S.; TONUCCI, R.G.; GARCIA, R.; NEVES, J. C. L.; ROCHA, G. C. Composição bromatológica da forragem do sub-bosque de um sistema silvipastoril adubado com fertilizantes nitrogenado e pótássico. In: Congresso Nordeste de Produção Animal, 5, 2008, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Nordeste de Produção Animal: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008a.

BIRCHAM, J. S.; HODGSON, J. The influence of swards conditions on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous grazing management. **Grass and Forage Science**, v. 38, n. 4, p. 323-331, 1983.

BOARDMAN, N. T. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual review of plant physiology**, v. 28, n. 1, p. 355-377, 1977.

BOSI, C.; PEZZOPANE, JRM; SENTELHAS, PC. Productivity and biometric characteristics of signal grass in a silvopastoral system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 6, p. 449-456, 2014.

BRAGA, G. L.; PORTELA, J. N.; PEDREIRA, C. G. S.; LEITE, V. B. O.; OLIVEIRA, E. A. Herbage yield in Singnalgrass pasture a affected by grazing management. **South African Journal of Animal Science**, v. 39, p. 130-132, 2009.

BROUGAHM, R.W. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 9, p. 39-52, 1957.

BROUGHAM, R. W. A study in rate of pasture growth. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 6, p. 804-812, 1955.

BROUGHAM, R. W. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 7, p. 377-387, 1956.

CÂNDIDO, M. J. D.; GOMIDE, C. A. M.; ALEXANDRINO, E. et al. Morfofisiologia do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente com três períodos de descanso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 406-415, 2005.

CARARD, M. et al. Efeito de doses crescentes de nitrogênio no desenvolvimento de cultivares de *Brachiaria brizantha*. Revista da FZVA. Uruguaiana, v. 15, n. 2, p. 135-144. 2008. **Revista da FZVA**, v. 15, n. 2, p. 135-144. 2008.

CARDOSO, J. M. S.; ANDRADE, A. C.; MAGALHÃES, et al. Fontes e doses de nitrogênio na produtividade do capim-Marandu. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 9, n. 8, p. 348-358, 2015.

CARNEVALLI, R. A.; DA SILVA, S. C.; BUENO, A. A. O. et al. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, v. 40, p. 165-176, 2006.

CARVALHO, R.M.; ALVES, L.C.; RODRIGUES, P.H.M.; SOUZA, W.D.; ÁVILA, A.B.; SANTOS, M.E.R. Acúmulo de forragem e estrutura do dossel de capim-marandu diferido e adubado com nitrogênio. **Boletim de indústria animal**, v. 74, p. 1-8, 2017.

CARVALHO, R.M.; CARVALHO, B.H.R.; FERNANDES, W.B.; ALVES, K.M.; SOUSA, D.O.C.; SILVA, G.F.; SANTOS, M.E.R. Rebaixamento do capim marandu para o diferimento e seus efeitos sobre índice de área foliar e número de meristemas apicais. **Boletim de Indústria Animal**, v. 73, p. 212-219, 2016.

CASTAGNARA, D. D.; ZOZ, T.; ALEXANDRE KRUTZMANN, A.; UHLEIN, A.; MESQUITA, E. E.; NERES, M. A.; OLIVEIRA, P. S. R. Produção de forragem, características

estruturais e eficiência de utilização do nitrogênio em forrageiras tropicais sob adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1.637-1.648, 2011.

CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M. et al. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 19, 2010.

CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M. et al. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 5, p. 919-927, 1999.

CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M. J. (Ed.). **Grasslands for Our World**. SIR Publishing, Wellington, p. 55-64, 1993.

CORRÊA, L. A. et al. Efeito de fontes e doses de nitrogênio na produção e qualidade da forragem de capim-coastcross. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 763-772, 2007.

COSTA, F.P.; CORRÊA, E.S.; MELO FILHO, G.A. et al. **Avaliação dos impactos econômicos de quatro forrageiras lançadas pela Embrapa**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 26p, 2009.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V.; SILVA, G. P.; SEVERIANO, E. C. Produção de massa seca e nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf sob doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1.578- 1.585, 2009.

COSTA, K.A.P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I.P.; CUSTODIO, D.P.; SILVA, D.C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência animal brasileira**, v. 6, n. 3, p. 187-193, 2005.

COSTA, L.K.P.; SANTOS, M.E.R.; SILVA, G.P.; CARVALHO, B.H.R.; PESSOA, D.D.; GALZERANO, L.; SILVA, N.A.M. Reduction of sward height in the fall/winter as strategy to optimize tillering in *Urochloa brizantha* syn. *Brachiaria brizantha*. **Archivos de Zootecnia**, 65 (252): 499-506. 2016.

CRESTANI, S.; MASCHERONI, J. D. C.; GEREMIA, E. V. et al. Sward structural characteristics and herbage accumulation of Piatã palisade grass (*Brachiaria brizantha*) in a crop–livestock–forest integration area. **Crop and Pasture Science**, v. 68, n. 9, p. 859-871, 2017.

CRUZ, P. Effect of shade on the carbon and nitrogen allocation in a perennial tropical grass, *Dichanthium aristatum*. **Journal of Experimental Botany**, v. 48, n. 306, p. 15-24, 1997.

DA SILVA, S. C. Uso da interceptação de luz como critério de manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 8., Lavras, 2011. **Anais...Lavras: UFLA**, 2011. p. 79-98, 2011.

DA SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 121-138, 2007. Suplemento especial.

- DE BONA, F. D.; MONTEIRO, F. A. The development and production of leaves and tillers by Marandu palisadegrass fertilised with nitrogen and sulphur. **Tropical Grasslands**, v. 44, n. 3, p. 192-201, 2010.
- DIAS, R. C.; SANTOS, M. V.; EVARISTO, A. B. et al. Weed management in agrosilvopastoral systems containing corn, palisadegrass, java, and eucalyptus. **Agroforestry systems**, p. 01, 2018b.
- DIAS, R. C.; SANTOS, M.V.; FERREIRA, E.A et al. Phytosociology in Degraded and Renewed Pastures in Agrosilvopastoral Systems. **Planta Daninha**, v. 36, p. 018174800, 2018a.
- DIAS-FILHO, M. B. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 12, p. 2.335-2.341, 2000.
- DIAS-FILHO, M.B. Photosynthetic light response of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 65-68, 2002.
- DIFANTE, G.S; EUCLIDES, V.P.B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Ingestive behaviour, herbage intake and grazing efficiency of beef cattle steers on Tanzania guineagrass subjected to rotational stocking managements. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 6, p. 1.001-1.008, 2009.
- DOUGHERTY, C. T.; RHYKERD, C. L. The role of nitrogen in forage-animal production. In: HEATH, M. E.; BARNES, R. F. METCALFE, D. S. (Ed). **Forages: the science of grassland agriculture**. 5. ed. Iowa: State University, 1985. p. 318-325.
- FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO JUNIOR, et al. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 397-403, 2005.
- FARIA, B. M.; MORENZ, M. J. F.; PACIULLO, D. S. C. et al. Growth and bromatological characteristics of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria ruziziensis* under shading and nitrogen. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 49, n. 3, p. 529-536, 2018.
- FERNÁNDEZ, M.E.; GYENGE, J.E.; SCHLICHTER, T.M. Shade acclimation in the forage grass *Festuca pallescens*: biomass allocation and forage orientation. **Agroforestry Systems**, v. 60, p. 159-166, 2004.
- FONSECA, L, MEZZALIRA, JC, BREMM, C et al, Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in *Sorghum bicolor*, **Livestock Science**, v. 145, p. 205-211, 2012.
- GARCEZ NETO, A. F. et al. Respostas morfológicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 1.890-1.900, 2002.
- GARCEZ NETO, A.F. **Avaliação fisiológica, morfológica e estrutural de forrageiras de clima temperado sob diferentes regimes de luminosidade**. 2006. 102f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

- GARCIA, R.; QUEIROZ, D. S. Manejo do rebanho em Sistema Silvipastoris. **Informe Agropecuário**, v. 33, p. 92, 2012.
- GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L, Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length, **Annals of Botany**, v,83, p,423-429, 1999.
- GHISI, O.M.A.; PEDREIRA, J.V.S. Características agronômicas das principais *Brachiaria* spp. In: PEDREIRA, J.V.S.; MEIRELLES, N.M.F. (Ed.). Encontro sobre capins do gênero *Brachiaria*, Nova Odessa, 1986. **Anais...** Nova Odessa, SP: Instituto de Zootecnia, 1987. p. 19-58.
- GIMENES, F. M. A.; SILVA, S. C.; FIALHO, C. A.; GOMES, M. B.; BERNDT, A.; GERDES, L.; COLOZZA, M. T. Ganho de peso e produtividade animal em CapimMarandu sob pastejo rotativo e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 7, p. 751-759, 2011.
- GIVNISH, T. J. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. **Functional Plant Biology**, v. 15, n. 2, p. 63-92, 1988.
- GOBBI K.F, GARCIA R, GARCEZ NETO AF Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia** 38:1645–1654, 2009.
- GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A.F et al. Características morfológicas, estruturais e produtividade da *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk submetida ao sombreamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45, 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA: SBZ, 2008.
- HERINGER, I.; MOOJEN, E. L. Potencial produtivo, alterações da estrutura e qualidade da pastagem de milho submetida a diferentes níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 875-882, 2002. Suplemento.
- HIKOSAKA, K. Leaf canopy as a dynamic system: Ecophysiology and optimality in leaf turnover. **Annals of Botany**, v.95, p.521-533, 2005.
- HUMPHREYS, L. R. **Tropical Pasture Utilisation**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- JANK, L.; RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. D. et al. Melhoramento genético de *Panicum maximum*. **Melhoramento de forrageiras tropicais**, v. 1, p. 55-87, 2008.
- JOHNSON, C. R. et al. Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 9, p. 2.439-2.448, 2001.
- JUNIOR, J.; CÂNDIDO, M. J. D.; VALENTE, B. et al. Características estruturais do dossel de capim-tanzânia submetido a três frequências de desfolhação e dois resíduos pós-pastejo. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 489-497, 2011.
- KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R.; TAYLOR, S.E. Growth of C3 and C4 perennial grasses in reduced irradiance. **Crop Science**, v. 32, p. 1.033-1.038, 1993.

KORTE, C. J.; WATKIN, B. R.; HARRIS, W. Use of residual leaf area index and light interception as criteria for spring-grazing management of a ryegrass-dominant pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 25, p. 309-319, 1982.

LEMAIRE, G. CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J., ILLIUS, A.W. **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, p. 3-36, 1996.

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. **International Grassland Congress**, . p. 29-37, 2001.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: Simpósio internacional sobre ecofisiologia da pastagem e ecologia do pastejo, 1. 1999, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, p. 165-186, 1999.

LIMA, D. M., ABDALLA FILHO, A. L., LIMA, P. M. T et al. Morphological characteristics, nutritive quality, and methane production of tropical grasses in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53(2), p. 323-333, 2018.

LIN, C.; MCGRAW, M.; GEORGE, M. et al. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, v. 53, n. 3, p. 269-281, 2001.

LOPES, C. M.; PACIULLO, D. S. C.; ARAÚJO, S. A. D. C. et al. Plant morphology and herbage accumulation of signal grass with or without fertilization, under different light regimes. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, 2017.

LOPES, C.; PACIULLO, D.; ARAÚJO, S. et al. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia**, v. 69, n. 1, p. 225-233, 2017.

LOPES, C.M.; PACIULLO, D.S.C.; ARAÚJO, S.A.C. et al, Morfogênese de *Brachiaria decumbens* conforme o sombreamento e o uso de calagem e fertilização, In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48, 2012, **Anais...** Brasília: SBZ, 2012.

LUDLOW, M.; WILSON, G. Photosynthesis of tropical pasture plants III. Leaf age. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 24, n. 4, p. 1.077-1.088, 1971.

LUPINACCI, A.V. **Reservas orgânicas, índice de área foliar e produção de forragem em pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, submetida a intensidades de pastejo por bovinos de corte**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2002. 160p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2002.

LUZ, L.A.; RODRIGUES, P.H.M.; SOUZA, W.D.; SANTOS, M.E.R.; SILVA, S.P. Acúmulo de forragem do capim-marandu diferido com alturas variáveis. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11, n.21, p.23, 2015.

MACHADO, V.D. **Pastagens de capim-braquiária em sistema silvipastoril com eucalipto**, 2012, 67p, Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UFV, Viçosa, MG.

- MACHADO, V.D. **Estratégias de manejo do pastejo do capim-braquiária em sistema silvipastoril**. 2016. p.63. Tese. (Doutorado em Zootecnia)– UFV, Viçosa, MG.
- MAGALHÃES, J.A. **Características morfológicas e estruturais, produção e composição bromatológica de gramíneas forrageiras sob irrigação e adubação**. 2010. 138p. Tese (Universidade Federal do Ceará), Fortaleza. CE.
- MAGALHÃES, J.A. et al. Eficiência do nitrogênio, produtividade e composição do capim-andropogon sob irrigação e adubação. **Arquivo Zootecnia**. v. 61 (236), p. 577-588, 2012.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.
- MARANHÃO, C. M. A. et al. Características produtivas do capim-braquiária submetido a intervalos de cortes e adubação nitrogenada durante três estações. **Acta Scientiarum:nimal Sciences**, v. 32, n. 4, p. 375-384, 2010.
- MARCHI, C. E.; FERNANDES, C. D.; SANTOS, J. M.; JERBA, V. F.; FABRIS, L. R. Mortalidade de *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu: causa patológica? In: BARBOSA, R. A. (Org.). **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2006. p.115-134.
- MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M. M. et al. Genus *Brachiaria* grass yields under different shade levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1.183-1.190, 2009.
- MATTHEW, C. et al. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. **Annals of Botany**, v. 76, n. 6, p. 579-587, 1995.
- MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F. Effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. **Grass and Forage Science**, v. 49, p. 111-120, 1994.
- MELLO, S. Q. S. et al. Adubação nitrogenada em capim-mombaça: produção, eficiência de conversão e recuperação aparente do nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 935-947, 2008.
- MORAIS, R. V. et al. Demografia de perfilhos basilares em pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 380-388, 2006.
- NETO, A. G.; GARCIA, R.; MOOT, D. J. et al. Aclimação morfológica de forrageiras temperadas a padrões e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 42-50, 2010.
- NICODEMO, M. L. F.; GARCIA, A. R.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; PACIULLO, D. S. C. Desempenho, saúde e conforto animal em sistemas silvipastoris no Brasil. **Embrapa Pecuária Sudeste**, 2018.
- NUNES, S.G.; BOOK, A.; PENTEADO, M.I.O.; GOMES, D.T. *Brachiaria brizantha* cv. **Marandu**. 2.ed. Campo Grande: EMBRAPA CNPGC, 1985. 31p. (EMBRAPA-CNPGC, Documentos, 21).

OLIVEIRA, A. B. et al. Morfogênese do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1.006-1.013, 2007.

OLIVEIRA, F. L. R. D.; MOTA, V. A.; RAMOS, M. S. et al. Comportamento de *Andropogon gayanus* cv. planaltina e *Panicum maximum* cv. tanzânia sob sombreamento. **Ciência Rural**, v. 43, p. 348-354, 2013.

OLIVEIRA, H.M.R.; SANTOS, A.C.; OLIVEIRA, L.B.T. et al. Características agronômicas do capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetido a doses de nitrogênio. Amazon Soil – **I Encontro de Ciência do Solo da Amazônia Oriental**, p. 34-40. 2014.

PACIULLO, D. S. C. CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, M.F.; LOPES, F.C.F.; ROSSIELLO, R.O.P., Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 573-579, 2007.

PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M. et al. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 917-923, 2008.

PACIULLO, D. S. C.; DE MIRANDA GOMIDE, C. A.; DE CASTRO, C. R. T. et al. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1.176-1.183, 2012.

PACIULLO, D. S. C.; FERNANDES, P. B.; GOMIDE, C. A. D. M. et al. The growth dynamics in *Brachiaria* species according to nitrogen dose and shade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 270-276, 2011.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T. et al. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage Science**, v. 72, n. 3, p. 590-600, 2017.

PACIULLO, D.S.C.; PIRES, M.F.A.; AROEIRA, L.J.M. et al. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grasslegume pastures shaded by tropical trees. **Animal**, v. 8, p. 1.264-1.271, 2014.

PAIVA, A.J.; SILVA, S.C.; PEREIRA, L.E.T.; GUARDA, V.D.A.; PEREIRA, P.M.; CAMINHA, F.O. Structural characteristics of tiller age categories of continuously stocked marandu palisade grass swards fertilized with nitrogen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 1, p. 24-29, 2012.

PARSONS A. J.; PENNING, P. D. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of yield in a rotationally grazed sward. **Grass and Forage Science**, v. 43, p. 14-27, 1988.

PAULA, C.C.L.; EUCLIDES, V.P.B.; LEMPP, B.; BARBOSA, R.A.; MONTAGNER, D.B.; CARLOTO, M.N. Acúmulo de forragem, características morfogênicas e estruturais do capim-marandu sob alturas de pastejo. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 2.059-2.065, 2012.

PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S. Fotossíntese foliar do capim xaraés (*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. Cv. Xaraés) e modelagem da assimilação potencial de dosséis sob estratégias de pastejo rotativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 773-779, 2007.

- PEDREIRA, C. G. S.; MELLO, A. C. L.; OTANI, L. O processo de produção de forragem em pastagens. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 38., 2001, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: ESALQ, p. 772-807, 2001.
- PEREIRA, L.E.T.; PAIVA, A.J.; SILVA, S.C.; CAMINHA, F.O.; GUARDA, V.D.; PEREIRA, P.M. Sward structure of marandu palisadegrass subjected to continuous stocking and nitrogen-induced rhythms of growth. **Scientia Agrícola**, v. 67, n. 5, p. 531-539, 2010.
- PERI, P.L.; LUCAS, R.J.; MOOT, D.J. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. **Agroforestry Systems**, v. 70, p. 63-79, 2007.
- REICH, P.B.; UHL, C.; WALTERS, M.B. et al. Leaf life-span as a determinant of leaf structure and function among 23 amazonian tree species. **Oecologia**, v. 86, p. 16-24, 1991.
- RIBEIRO, E.T. **Manejo do pastejo de capim-marandu em sistema Silvipastoril na zona da mata de Minas Gerais**. 2016. p. 91. Tese. (Doutorado em Zootecnia)– UFV, Viçosa, MG.
- ROBSON, M.J.; RYLE, G.J.A.; WOLEDGE, J. The grass plant – its form and function. In: JONES, M.B.; LAZENBY, A. (Eds.) **The grass crop**. London: Chapman & Hall, p. 25-83, 1988.
- RODRIGUES, R.C.; MOURÃO, G.B.; BRENNECKE, K.; LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R. Produção de massa seca, relação folha/ colmo e alguns índices de crescimento da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivada com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 394- 400, 2008.
- SALES, E. C. J.; MONÇÃO. F. P.; PEREIRA. D. A et al. Produção de capim-marandu sob doses de nitrogênio em duas alturas de resíduos pós corte. **Revista unimontes científica**, v. 15, n. 2, 2013.
- SANTIAGO-HERNÁNDEZ, F.; LÓPEZ-ORTIZ, S.; ÁVILA-RESÉNDIZ, C. et al. Physiological and production responses of four grasses from the genera *Urochloa* and *Megathyrus* to shade from *Melia azedarach* L. **Agroforestry systems**, v. 90, n. 2, p. 339-349, 2016.
- SANTOS, M. E. R. et al. Caracterização dos perfilhos em pastos de capim-braquiária diferidos e adubados com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 643-649, 2009.
- SANTOS, M. V.; FERREIRA, E. A.; VALADÃO, D. et al. *Brachiaria* physiological parameters in agroforestry systems. **Ciencia Rural**, v. 47, n. 5, 2017b.
- SANTOS, M.E.R. **Características da forragem e produção de bovinos em pastagens de capim-braquiária diferidas**. 2007. 100f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.
- SANTOS, M.E.R., SOUSA. B.M.L., ROCHA, G.O et al. Estrutura do dossel e características de perfilhos em pastos de capim-piatã manejados com doses de nitrogênio e períodos de diferimento variáveis. **Ciências animal brasileira**, v. 18, p. 1-13, 2017a.

SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; BALBINO, E.M.; SILVA, S.P.; MONNERAT, J.P.I.S. Variabilidade espacial e temporal da vegetação em pastos de capim-braquiária diferidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 4, p. 727-735, 2010.

SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; EUCLIDES, V.P.B.; RIBEIRO JR., J.I.; NASCIMENTO JR., D.; MOREIRA, L.M. Produção de bovinos em pastagens de capim-braquiária diferidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 635-642, 2009a.

SANTOS, M.E.R.; SIMPLICIO, M.G.; SILVA, G.P.; OLIVEIRA, H.A.; COSTA, L.K.P.; SOUSA, D.O.C. Reduction of sward height in the fall and winter as a strategy to improve the structure of marandu palisadegrass (*Urochloa brizantha* syn. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu). **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 5, n. 3, p. 143-152, 2017.

SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; BALBINO, E.M.; MONNERAT, J.P.; SILVA, S.P. Capim-braquiária diferido e adubado com nitrogênio: produção e características da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 650-656, 2009b.

SANTOS, M.V. et al. Integrated crop-forage-forestry for sustainable agricultural systems: productive performance. **Agroforestry Systems**. v. online. p. 1-11, 2019.

SAS Institute. **User`s guide**: statistics, version 9.1. Cary: SAS Institute, 2003.

SBRISSIA, A.; SILVA, S. D. O ecossistema de pastagens e a produção animal. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 731-754, 2001.

SILVA, D.R.G.; COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P.; BERNARDES, T.F. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação das características estruturais e produtivas do capim-marandu. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 184-191, 2013.

SILVEIRA, M. C. T.; Da SILVA, S. C.; SOUZA JÚNIOR, S. J. et al. Herbage accumulation and grazing losses on Mulato grass subjected to strategies of rotational stocking management. **Scientia Agrícola**, v. 70, n. 4, p. 242-249, 2013.

SKINNER, R.H.; MORGAN, J.A.; HANSON, J.D. Carbon and nitrogen reserve remobilization following defoliation: Nitrogen and elevated CO₂ effects. **Crop Science**, v. 39, p. 1749-1756, 1999.

SOARES FILHO, C.V. Recomendações de espécies e variedades de Brachiarias para diferentes condições In: Simpósio sobre manejo de pastagem – *Brachiaria*, 11., Piracicaba – SP, 1994. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 25-29, 1994.

SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 443-451, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed., Porto Alegre, Artmed, 888p, 2017.

TEIXEIRA, F.A.; BONOMO, P.; PIRES, A.J.V.; SILVA, F. F.; MARTINS, G.C.F.; CARDOSO, E.O. Características estruturais de pastos de *Brachiaria decumbens* diferidos por 140 dias e estratégias de adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 4, p. 333-339, 2011.

TOWNSEND, C.R.; SANTOS, L.O.; SOUZA, J.P. et al. Características morfológicas e estruturais de *Brachiaria ruziziensis* submetidas ao sombreamento. In: Congresso internacional do leite, 12, Porto Velho. 2013 **Anais...**Brasília: Embrapa Gado de Leite, 2013a.

TOWNSEND, C.R.; SANTOS, L.O.; SOUZA, J.P.; SANTOS, M.G.R.; SALMAN, A.K.; PEREIRA, R.G.A. Características morfológicas e estruturais de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã submetida ao sombreamento. In: Congresso internacional do leite, 12, Porto Velho. 2013 **Anais...**Brasília: Embrapa Gado de Leite, 2013b.

VALENTINE, I.; MATTHEW, C. Plant growth, development and yield. In: WHITE, J., HODGSON, J. (Eds.) **New Zealand pasture and crop science**. Auckland: Oxford University Press, p. 11-27, 2000.

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

VALLE, C.B.; MACEDO, M.C.M.; EUCLIDES, V.P.B.; JANK, L.; RESENDE, R.M.S. Gênero *Brachiaria*. In: FONSECA, D.M. da; MARTUSCELLO, J.A. (Ed.). **Plantas forrageiras**. Viçosa: Ed. da UFV, p. 30-77, 2010.

VOLTOLINI, T.V.; SANTOS, F.A.P.; MARTINEZ, J.C. Produção e composição do leite de vacas mantidas em pastagens de capim-elefante submetidas a duas frequências de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 121-127, 2010.

WILSON, J.R.; HILL, K.; CAMERON, D.M. et al. The growth of *Paspalum notatum* under the shade of a *Eucalyptus grandis* plantation canopy or in full sun. **Tropical Grasslands**, v. 24, p. 24-48, 1990.

WONG, C.C.; STÜR, W.W. Mechanisms of persistence in tropical forages to defoliation under shade. In: MULLEN, B.F., SHELTON, H.M. (Eds.) **Integration of ruminants into plantation systems in southeast Asia**. Canberra: ACIAR, p. 37-41, 1995.

ZANINI, G.D.; SANTOS, G.T.; SCHMITT, D.; PADILHA, D.A. Distribuição de colmo na estrutura vertical de pastos de capim Aruana e azevém anual submetidos a pastejo intermitente por ovinos. **Ciência Rural**, v. 42, n. 5, p. 882-887, 2012.

ZEFERINO, C. V. **Morfogênese e dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu [*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) cv. Marandu] submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte**. 2006. 193 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, 2006.