

VITOR DINIZ MACHADO

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO DO PASTEJO DO CAPIM-BRAQUIÁRIA
EM SISTEMA SILVIPASTORIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

M149e Machado, Vítor Diniz, 1984-
2016 Estratégias de manejo do pastejo do Capim-braquiária
em sistema silvipastoril / Vítor Diniz Machado. - Viçosa, MG,
2016.
xi, 75f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador : Dilermando Miranda da Fonseca.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.66-75.

1. Pastagens - Manejo. 2. Agrossilvicultura. 3. *Brachiaria
decumbens*. 4. Plantas forrageiras - Efeito da luz.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Zootecnia. Programa de Pós-graduação em Zootecnia.
II. Título.

CDD 22. ed. 633.202

VITOR DINIZ MACHADO

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO DO PASTEJO DO CAPIM-BRAQUIÁRIA
EM SISTEMA SILVIPASTORIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 29 de fevereiro de 2016.

Fernanda Helena Martins Chizzotti

Domingos Sávio Campos Paciullo

Rogério de Paula Lana

Márcia Vitória Santos
(Coorientadora)

Dilermando Miranda da Fonseca
(Orientador)

DEDICO

A Deus, acima de tudo.

Aos meus pais Cláudio Machado e Lenice Diniz Machado.

OFEREÇO

À minha madrinha Maria Ângela Machado, pelo apoio e incentivo nos meus primeiros passos de vida estudantil.

À minha avó materna Maria de Araújo e aos meus avós paternos Claudiomiro (*in memoriam*) e Maria Abadia (*in memoriam*).

À minha amável afilhada Maria Luisa e sobrinho João Lucas.

Aos meus irmãos Vinícius e Lucas.

À minha grande companheira de vida e de trabalho Marina.

AGRADECIMENTOS

A Deus, acima de tudo.

À Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), por ter proporcionado minha formação acadêmica e por ter-me ensinado a dar valor às coisas mais simples da vida.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do mestrado e doutorado.

Ao Professor Dr. Dilermando Miranda da Fonseca, pela orientação e pelas oportunidades concedidas, pela confiança, dedicação, pelos ensinamentos e por ter acreditado na realização deste trabalho e pelo exemplo de conduta profissional.

Às Professora Dra. Márcia Vitória Santos e Dra. Fernanda Helena Martins Chizzotti e ao pesquisador Dr. Domingos Sávio Campos Paciullo, pelo conhecimento e dedicação ao que se faz e por me acompanhar como coorientador e pela participação na banca de defesa deste trabalho.

Ao Professor Dr. Leonardo Tuffi, pelos ensinamentos e pela orientação na graduação, por me despertar o interesse científico.

Aos professores da UFMG e da UFV, por terem contribuído para a minha formação profissional.

Aos estagiários Bárbara Lastória, Gabriela Neves, Carol Teles, Daniely Santiago, Laura Brandão, Rhenan Duarte, Maximillian Megale, Nathalia Papini, Rômulo Gomes, Victor Vasconcelos, Igor Maximiliano, Hugo e Kaik Faria, pela

amizade, confiança e ajuda incalculável. Sem essas pessoas, este trabalho jamais sairia do papel.

À minha namorada Marina, pelo amor e por ter sido essencial na realização deste trabalho.

Ao meu prezado colega do curso de pós-graduação: Roberson “Pimenter”, pelo companheirismo, incentivo, pela prontidão em ajudar e pelos momentos de descontração.

Aos meus grandes amigos Giuliano (Gil) e Antônio (Birita), por serem parceiros em todos os momentos.

Aos meus colegas de pós-graduação Philipe (Malassombra), Hemython (Iraqiano), Tiago (Timones), Leandro, Cássia, Fabiana, pelo incentivo e pela amizade.

A meus sobrinhos João Lucas e Maria Luisa, por serem motivo de grande orgulho e união familiar.

Aos meus pais, pela confiança e total entrega em minha formação durante todos esses anos da minha vida e por sempre acreditarem neste sonho.

Aos meus irmãos Lucas e Vinicius, pelo incentivo e apoio.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, em especial à Aline, pela prontidão em ajudar em períodos de greve.

Aos funcionários do Setor de Gado de Leite, por sempre estarem dispostos a ceder implementos e funcionários, em especial ao Bernardo.

Aos funcionários do Gado de Corte Neco, Lorival e Marcelino, pela contribuição.

Ao funcionário terceirizado Dinaldo, por ser um grande exemplo de capacidade e dedicação ao trabalho e por sempre estar disposto para resolver problemas.

Ao funcionário do Setor Agrostológico Sr. Divino, pela ajuda e bondade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Brasil e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Interceptação de luz no manejo do pastejo em lotação rotativa.....	3
2.2. Respostas morfofisiológicas das forrageiras ao sombreamento.....	7
2.2.1. Respostas fisiológicas	7
2.2.2. Respostas morfológicas.....	8
2.3. Composição química de forragem em sistemas silvipastoris.....	9
2.4. Frequência e intensidade de pastejo em sistema silvipastoril	10
2.5. Reservas orgânicas	12
3. HIPÓTESES.....	15
4. OBJETIVOS	16
5. MATERIAL E MÉTODOS	17
5.1. Localização, período experimental e dados climáticos.....	17
5.2. Histórico e preparo da área experimental.....	18
5.3. Delineamento experimental e tratamentos	22
5.4. Manejo da pastagem.....	23
5.5. Avaliações	25

	Página
5.5.1. Sombreamento.....	25
5.5.2. Número de ciclos e intervalos de pastejos	25
5.5.3. Altura do pasto	26
5.5.4. Intercepção luminosa e índice de área foliar	27
5.5.5. Massa pré e pós-pastejo e componentes morfológicos da forragem	27
5.5.6. Taxa de acúmulo e remoção da forragem	29
5.5.7. Densidade populacional de perfilhos e massa de perfilho	29
5.5.8. Composição química da forragem	31
5.5.9. Reservas orgânicas	32
5.6. Análise estatística.....	33
6. RESULTADOS	34
6.1. Sombreamento, altura e diâmetro à altura do peito no eucalipto.....	34
6.2. Eliminação de tratamento.....	34
6.3. Número de ciclos e intervalos de pastejos	35
6.4. Altura e intercepção de luz.....	36
6.5. Densidade populacional e massa de perfilhos.....	37
6.6. Massa e composição morfológica da forragem.....	38
6.7. Área foliar específica, índice de área foliar em pré-pastejo e pós-pastejo	40
6.8. Taxa de acúmulo de massa seca (MS), lâminas foliares e remoção de forragem.....	42
6.9. Proteína bruta e seu fracionamento	44
6.10. Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida e digestibilidade <i>in vitro</i> da MS.....	46
6.11. Reservas orgânicas	48
7. DISCUSSÃO	51
7.1. Intercepção de luz.....	51
7.2. Densidade populacional de perfilhos (DPP) e massa de perfilho	52
7.3. Massa e composição morfológica da forragem no pré-pastejo.....	54
7.4. Área foliar específica (AFE) e índice de área foliar (IAF) em pré e pós-pastejo	56

	Página
7.5. Taxa de acúmulo de matéria seca (MS), taxa de acúmulo de lâminas foliares e remoção de forragem.....	57
7.6. Proteína bruta (PB) e seu fracionamento	59
7.7. Fibra insolúvel em detergente neutro (FDNcp) e digestibilidade <i>in vitro</i> da MS.....	61
7.8. Reservas orgânicas	63
8. CONCLUSÕES	65
9. REFERÊNCIAS	66

RESUMO

MACHADO, Vitor Diniz, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2016. **Estratégias de manejo do pastejo do capim-braquiária em sistema silvipastoril.** Orientador: Dilermando Miranda da Fonseca.

Estudos sobre manejo do pastejo das forrageiras em pleno sol possibilitaram definir metas para entrada e saída dos animais, em lotação intermitente, mas ainda não há informações disponíveis na literatura para interrupção da rebrotação em sistemas silvipastoris. Em face da escassez de informação sobre o manejo do pastejo em sistema silvipastoril, objetivou-se avaliar frequências de pastejo baseadas em diferentes alturas de pré-pastejo da *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril, para definir estratégias de manejo do pastejo no método de lotação intermitente. Os tratamentos consistiram de quatro frequências de pastejos com base na altura do 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. Os períodos de avaliação (primavera-verão 2013/14, outono-inverno 2014 e primavera-verão 2014/15) foram avaliados como um fator, formando um fatorial (5 x 3), que corresponde às alturas de pré-pastejo (20, 30, 40 e 50 cm) e monocultivo e aos três períodos de avaliação, respectivamente. O delineamento utilizado foi em blocos completos ao acaso, com dois blocos e duas repetições por bloco. Foram avaliadas as características morfológicas, produtivas, reservas orgânicas e valor nutritivo. Em geral, os pastos em sistema silvipastoril

apresentaram maior porcentagem de pseudocolmo em relação ao do monocultivo, exceto quando foi manejado mais baixo (30 cm) na primavera-verão 2013/14 e no outono-inverno, quando não houve diferença significativa. A taxa de acúmulo de forragem no sistema silvipastoril foi menor em relação ao monocultivo em todas as alturas no pré-pastejo e época de avaliação. Porém, reduções menos drásticas (22% e 18%) foram observadas quando o pasto foi manejado com 40 cm nos períodos de primavera-verão 2013/14 e primavera-verão 2014/15. A remoção de forragem foi maior no manejo com 40 cm em relação ao do monocultivo e às demais alturas de manejo em sistema silvipastoril. Em geral, o estrato pastejável dos sistemas silvipastoris, quando manejado com 30 e 40 cm, proporciona dieta com valor nutritivo e muito semelhante à forragem produzida em condições de pleno sol, com modestas reduções na DIVMS e maiores teores de PB. Os pastos de *Brachiaria decumbens* em sistemas silvipastoris manejados em lotação intermitente devem ser desfolhados com 95% de IL quando atingirem índice de área foliar máximo ou teto. O manejo do pastejo de *B. decumbens* (capim-braquiária) sob lotação intermitente em sistema silvipastoril deve ser realizado com altura de pré-pastejo de 40 cm e resíduo de 20 cm.

ABSTRACT

MACHADO, Vitor Diniz, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2016. **Management strategies of signal grass grazing in silvopastoral system.** Adviser: Dilermando Miranda da Fonseca.

Studies in full sun forage grazing management enabled set goals for input and output of animals in rotational stocking, but there is no information available in the literature for switching the regrowth in silvopastoral systems. Given the scarcity of information on grazing management in silvopastoral system, aimed to evaluate grazing frequencies based on different times of pre-grazing of *Brachiaria decumbens* in silvopastoral system, to define management strategies grazing in rotational stocking method. The treatments consisted of four frequencies of grazing based on the height of the pasture (20, 30, 40 and 50 cm) in silvopastoral system and another witness in monoculture handled based on the interception of 95% of photosynthetically active radiation. The evaluation periods (spring-summer 2013/14 autumn-winter 2014 and spring-summer 2014/15) were evaluated as a factor, forming a factorial (5 x 3), which is the height of pre-grazing (20, 30, 40 and 50 cm) and monoculture and evaluation periods respectively. The design was a randomized complete block design, with two blocks and two repetitions per block. morphological, productive characteristics, organic reserves and nutritive value were evaluated. In general, the pastures in silvopastoral system showed a higher percentage of pseudo stem in relation to the monoculture, except when it was

managed lower (30 cm) in the spring-summer 2013/14 and autumn-winter where there was no significant difference. Forage accumulation rate in the silvopastoral system was lower than the monoculture at all times in the pre-grazing and assessment time. However, less drastic reductions (22% and 18%) were observed when the pasture was managed with 40 cm in periods of spring-summer 2013/14 and spring-summer 2014/15. Removing forage was superior in handling with 40 cm compared to the monoculture and other sward heights in silvipastoral system. In general, graze stratum of silvopastoral systems when plied with 30 and 40 cm provides good diet nutritional value and very similar to forage produced in conditions of full sun, with modest reductions in IVDMD and higher crude protein content. The *Brachiaria decumbens* pastures in silvopastoral systems managed in intermittent stocking should be bear with 95% LI when they reach maximum or ceiling leaf area index. Grazing management of *B. decumbens* (signal grass) under intermittent stocking in silvopastoral system should be carried out with pre-grazing height of 40 cm and 20 cm residue.

1. INTRODUÇÃO

As pesquisas sobre a interrupção do período de rebrotação das forrageiras possibilitaram grande avanço na eficiência de utilização dos pastos em monocultivo. Grande parte desse avanço ocorreu após a definição de metas de manejo do pastejo em lotação rotativa baseadas nos estudos da ecofisiologia das principais forrageiras tropicais. Essas metas de manejo estão consolidadas com base em estudos de morfogênese e estrutura do pasto associadas ao índice de área foliar e interceptação de luz. Nesse sentido, a utilização de 95% de interceptação luminosa (IL) como critério de desfolhação dos pastos em sistemas silvipastoris parece razoável, sobretudo quando comparado à utilização de intervalo de pastejo baseados no tempo cronológico. Porém, a partir de observações das alterações morfofisiológicas das forrageiras submetidas ao sombreamento, fica evidente a necessidade de mais informações sobre o efeito de frequências e intensidade de desfolhação nos pastos em sistemas silvipastoris.

Ademais, a utilização de alturas de pré-pastejo recomendadas para as diversas espécies e, ou, cultivares de forrageiras em monocultivo poderá resultar em altas frequências de desfolhação nas forrageiras sombreadas, o que levará ao esgotamento das reservas orgânicas das plantas, uma vez que a assimilação líquida de carbono é reduzida em condições de restrição luminosa (LUDLOW; WILSON, 1971). Dessa maneira, é possível que a interrupção da rebrotação em sistema silvipastoril deva ocorrer quando os pastos apresentarem altura maior que aquela observada nas forrageiras em condição de pleno sol.

Em outro extremo, baixas frequências de pastejos, em consequência de intervalos de pastejos demasiadamente longos, poderão comprometer a estrutura do pasto, resultando em aumento da proporção de colmo e forragem senescente, reduzindo a eficiência de colheita pelo animal e a qualidade da forragem (CARNEVALLI et al., 2006). Além disso, em uma condição em que o perfilhamento já é prejudicado pelo sombreamento das árvores (DEREGIBUS et al., 1983), a manutenção de longos intervalos de pastejos poderá favorecer o autossombreamento, reduzindo ainda mais o perfilhamento da forrageira.

Embora seja bem conhecido o padrão de resposta de diversas forrageiras aos diferentes níveis de sombreamentos, pouco se sabe sobre o manejo do pastejo em sistemas silvipastoris. Desse modo, estudos que avaliem diferentes frequências de pastejo com base na interceptação de luz pelo pasto poderão permitir a utilização de estratégias de manejo do pastejo mais adequadas para sistemas silvipastoris. Adicionalmente, a definição da condição ideal de colheita para cada cultivar forrageira em sistemas silvipastoris poderá permitir que comparações entre monocultivo e silvipastoril sejam realizadas de maneira mais adequada e consistente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Interceptação de luz no manejo do pastejo em lotação rotativa

Segundo Bircham e Hodgson (1983), 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).

Nesse sentido, estudos relacionados à ecofisiologia das forrageiras, sobretudo as características morfogênicas e estruturais, possibilitaram melhor entendimento da dinâmica de crescimento das forrageiras. As características morfogênicas 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; Da SILVA, 2001). 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). A manifestação de características morfogênicas e estruturais das forrageiras

determinará, em última análise, o índice de área foliar do pasto, responsável pela interceptação 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 cultivadas em pleno sol, constatou resposta sigmoide 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 índice de área foliar para compreensão das relações entre interceptação luminosa (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 1950, utilizaram como critério para interromper a rebrotação dos pastos a condição em que 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 interceptação luminosa como estratégia de manejo da desfolhação foram ratificados por Parsons e Penning (1988). Segundo esses autores, seria na condição de índice de área foliar (IAF) crítico, situação em que 95% da luz incidente é interceptada 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 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 1990, 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 de desfolhação. Iniciou-se, assim, uma série de experimentos com as principais forrageiras de clima tropical: *Panicum maximum* (capim-mombaça) (CARNEVALLI et al., 2006), *Brachiaria brizantha* (capim-marandu) (ZEFERINO, 2006), *Panicum maximum* (capim-tanzânia) (BARBOSA et al., 2007), *Brachiaria brizantha* (capim-xaraés) (PEDREIRA et al., 2007), *Brachiaria decumbens* (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 até essa condição há menor crescimento de colmo, o que contribui para maior consumo e qualidade da forragem (VOLTOLINI, 2010).

Devido ao alto custo do aparelho analisador de dossel e à dificuldade de monitoramento de grandes áreas, a utilização da IL como estratégia para definição da frequência de desfolhação é, porém, 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 valor de altura das plantas forrageiras. Segundo Da Silva e Nascimento Júnior (2007), essa associação tem se mostrado consistente e precisa, independentemente 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, a manipulação do manejo do pastejo é realizada pelo ajustamento da intensidade de pastejo (altura pós-pastejo).

Intensidades elevadas de pastejo podem comprometer a capacidade de rebrotação da 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). Entretanto, 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 atribuiu 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 é descrita 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 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 (ZANINI et al., 2012), os quais restringem o processo de ingestão devido à barreira física que ele impõe ao consumo de forragem.

Assim, com base na síntese dos trabalhos relacionados, fica evidente o papel modulador da disponibilidade de luz ao longo do perfil do dossel nas características estruturais dos pastos. Dessa forma, em condições em que há restrições na disponibilidade de luz, como ocorre em sistemas silvipastoris, 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.

2.2. Respostas morfofisiológicas das forrageiras ao sombreamento

A capacidade de aclimação das plantas forrageiras diante das alterações da disponibilidade de fatores de crescimento e da desfolhação é denominada plasticidade fenotípica e pode ser definida como uma mudança progressiva e reversível nas características fenotípicas de plantas individuais (LEMAIRE; ANGUSDEI, 1999). A tolerância ao sombreamento está associada à magnitude das respostas plásticas das forrageiras quando cultivadas em sistema silvipastoril.

2.2.1. Respostas fisiológicas

Dias Filho et al. (2002) avaliaram características fisiológicas de duas forrageiras do gênero *Brachiara* quando submetidas ao sombreamento. Houve redução do ponto de compensação de luz das forrageiras submetidas ao sombreamento, em consequência da menor respiração no escuro. Neste 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 em condições de luminosidade reduzida.

Outro mecanismo associado à tolerância de plantas forrageiras 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; GOBBI et al., 2009) e de clima temperado (LIN et al., 2001; ALLARD et al., 1991). Essa 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., 1992). Com aumento da área foliar específica, as lâminas foliares tornam-se mais delgadas, aumentando a área foliar por unidade de peso, que em 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. (1992) em plantas de clima temperado.

A redução na disponibilidade de luz 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 (ALLARD et al., 1991; KEPHART et al., 1992; 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 *B. 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 com o pasto em pleno sol. Para massa total, o valor na sombra intensa foi 43% maior ao das forrageiras em pleno sol. Esses autores concluíram que o capim-braquiária possui maior eficiência de uso da radiação em condições de sombra.

2.2.2. Respostas morfológicas

Em estudos de morfogênese, observaram-se que as forrageiras quando sombreadas aumentam a taxa de alongamento de lâminas foliares e de pseudocolmo, resultando em folhas e colmos 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 característica está associada às diferentes condições experimentais, mais precisamente aos diversos critérios metodológicos utilizados para definir a colheita e, ou, a desfolhação.

Machado (2012) e Lopes (2011) 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.

Entre todas as características morfogênicas e estruturais, o perfilhamento é certamente o mais influenciado pela redução da 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 *B. 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) também 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 silvipastoris 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 forrageiras em sistemas silvipastoris, recomendaram o manejo do componente arbóreo de forma que possibilite o sombreamento no sub-bosque entre 20 e 40%.

2.3. Composição química de forragem em sistemas silvipastoris

Um fator importante nesses sistemas integrados é a disponibilidade de nutrientes no solo e seu reflexo na composição da forragem. Nesse sentido, a melhoria da composição química da forragem, especialmente o aumento da concentração de nitrogênio em gramíneas sombreadas, constitui uma das vantagens dos sistemas silvipastoris (SAMARAKOON et al., 1990; KEPHART; BUXTON, 1993). A maior decomposição da matéria orgânica nos solos de sistemas integrados, especialmente quando há introdução de espécies leguminosas, é apontada como causa da maior concentração proteica da forrageira (WILSON, 1996; PACIULLO et al., 2007). Ademais, Sousa et al. (2010) atribuíram a maior concentração proteica ao atraso no desenvolvimento ontogenético. Nesse caso, as forrageiras sombreadas seriam mais jovens fisiologicamente, o que prolongaria a fase vegetativa juvenil e permitiria a manutenção dos níveis metabólicos mais elevados por maior período de tempo.

Com relação às concentrações das frações fibrosas, os resultados são contraditórios, embora haja tendência de menores teores de FDN nas forrageiras sombreadas (CARVALHO, 2001; DENIUM et al., 1996; PACIULLO et al., 2007). Já em outros trabalhos não houve efeito do sombreamento sobre os constituintes da parede celular (LIN et al., 2001; BUERGLER et al., 2006; KALLENBACH et al., 2006; SOUSA et al., 2010).

As variações nos teores de FDN, FDA e lignina parecem estar relacionadas à interação da porcentagem de sombra com o estágio de maturidade da planta (LIN et al., 2001; SOUSA, 2009). Como não há definições precisas sobre a condição ideal de colheita da forragem sob sombreamento moderado, toda comparação de plantas cultivadas no sub-bosque em relação a pleno sol torna-se de difícil interpretação, o que impossibilita avaliação adequada dos efeitos das condições impostas pelos sistemas silvipastoris.

2.4. Frequência e intensidade de pastejo em sistema silvipastoril

Uma vez observado o desenvolvimento adequado das árvores e o estabelecimento do pasto, os animais são manejados na pastagem a partir de um dos métodos de manejo do pastejo, lotação contínua ou lotação rotativa. A escolha do método de pastejo não determina o manejo adequado da desfolhação, porém o método lotação rotativa tem sido mais recomendado por permitir melhor controle da estrutura do pasto (PARSON et al., 1988). 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, nessa condição, o comprimento final do colmo da forrageira foi maior que o do monocultivo. A altura do pasto em monocultivo ao interceptar 95% da radiação incidente foi de 20 cm e entre 30 e 40 cm em condições de sombreamento. 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 disso, para que o

dossel atinja 95% de IL em ambientes sombreados é necessário que ocorra incrementos nas taxas de alongamento de lâminas foliares e colmo, conforme relatado anteriormente.

Vale ressaltar, porém, 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. Isso 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 relatado anteriormente, a capacidade de rebrotação da forrageira após a desfolhação depende basicamente da área foliar residual e das reservas orgânicas. Sob condições de sombra, há um decréscimo na fotossíntese líquida do dossel (DIAS FILHO et al., 2002) e, provavelmente, essa redução da capacidade de assimilação de carbono afeta negativamente a concentração das reservas orgânicas. Além disso, boa parte da remobilização de nutrientes ocorre, sobretudo, nas raízes, e, como nesses ambientes de sombra a forrageira possui menor desenvolvimento de raiz (SKINNER et al., 1999), a capacidade de estocar essas reservas também pode ser limitada pelo sombreamento.

Em estudo realizado em casa de vegetação, Baruch e Guenni (2007) observaram mortalidade das espécies de *B. brinzantha* e *B. dictyoneura* quando as cultivares foram submetidas a combinações de sombreamento intenso e desfolhação. Além disso, a associação de alta frequência e intensidade de pastejo pode reduzir ainda mais o 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 suscetíveis ao estresse hídrico e de limitação 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 deve ser mantida de forma mais conservadora do que em pastagens em pleno sol, utilizando metas maiores que 50% da altura de pré-pastejo. Assim, é fundamental evitar condições de superpastejo em sistema silvipastoril, situação comumente observada em propriedades rurais, que

podem facilmente comprometer a rebrotação e a persistência de plantas que crescem em condições restritivas de luminosidade.

2.5. Reservas orgânicas

As reservas orgânicas são compostos constituídos por carbono e nitrogênio, elaboradas e armazenadas pela planta, sendo de fundamental importância nos processos de manutenção da atividade celular em períodos críticos de escassez de recursos e, ou, necessidade de auxiliar na formação de novos tecidos durante o crescimento (SHEARD, 1973). O acúmulo dos compostos de reserva ocorre quando a disponibilidade de carbono ou nitrogênio excede as demandas da planta para suprir suas exigências de crescimento e manutenção (TAIZ; ZEIGER, 2014).

As reservas de carbono encontradas na planta são representadas pelos carboidratos, que são hidratos de carbono com fórmula geral $C_n(H_2O)_n$. Esses são classificados em carboidratos não estruturais, subdivididos em monossacarídeos (açúcares solúveis: glicose e frutose), dissacarídeos (sacarose, entre outros), polissacarídeos (amido e frutanas); e em carboidratos estruturais, representados pela celulose, hemicelulose e pectina, componentes presentes na parede celular, responsáveis pela manutenção da estrutura das plantas (Van SOEST, 1994). O termo carboidratos solúveis em água representa as frações mais facilmente digeridas dos carboidratos não estruturais.

Os carboidratos não estruturais são os primeiros produtos oriundos da fotossíntese das plantas e representam fonte de energia lábil, utilizada no crescimento e manutenção do vegetal. Nas plantas, o balanço final entre a fotossíntese (fonte) e o crescimento e respiração (dreno) determina a quantidade de carboidratos estocados nos órgãos de reserva (FULKERSON; DONAGHY, 2001). Os carboidratos de reserva são preponderantemente usados quando ocorre redução da fotossíntese líquida, a fim de manter a respiração dos órgãos remanescentes e a síntese de novos tecidos e, ou, órgãos. Portanto, a importância desse recurso como fator de recuperação das plantas limita-se aos primeiros dias, enquanto não se expandem as primeiras folhas (SCHNYDER; De VISSER, 1999). Botrel (1980) ratificou essa informação ao constatar redução da concentração dos carboidratos não estruturais nos primeiros sete dias após a desfolhação, com subsequente elevação e posterior estabilização em torno dos níveis iniciais, ao 28º dia de rebrotação.

O nitrogênio participa da formação de proteínas e de ácidos nucleicos, o que realça ainda mais sua importância no ciclo vegetativo. Esse nutriente está envolvido nos processos de manutenção e crescimento dos tecidos e órgãos. Por isso, durante a reconstituição da planta, no período da rebrotação, ocorre redução do nitrogênio nos órgãos de reserva para atender à demanda das novas células formadas (VOLENEC et al., 1996). Na literatura (SCHNYDER; De VISSER, 1999; SKINNER et al., 1999), existem evidências da importância dos compostos nitrogenados na recuperação das plantas após a desfolhação. Alguns autores afirmaram que os compostos nitrogenados assumem importância primária na rebrotação, em comparação com os carboidratos não estruturais, em desfolhações intensas, ou seja, quando há pouca área foliar remanescente (AVICE et al., 1996). Entre os compostos nitrogenados de reserva, os aminoácidos são rapidamente utilizados durante a formação de outros tecidos. Na rebrotação, é observado aumento das atividades das proteases, culminando com a liberação de aminoácidos destinados à formação de novos tecidos nos meristemas aéreos. A taxa de acúmulo de carbono, principal constituinte das plantas, é dependente do nível de nitrogênio. Portanto, essa interação entre nitrogênio e carboidrato deve ser vista de maneira conjunta (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996).

Os carboidratos totais não estruturais e os compostos nitrogenados normalmente são acumulados em tecidos de reserva e são definidos como substâncias orgânicas armazenadas pela planta nos órgãos vegetais permanentes, como regiões inferiores da base do colmo, estolões e rizomas, para serem utilizadas posteriormente como fonte de energia ou como tecido estrutural em períodos de estresse (BERNATOWICZ, 1958). Alguns autores (DAVIES, 1974; NASCIMENTO et al., 1980) também mencionaram as raízes como importantes órgãos de reserva para as gramíneas, porém apresentam menores teores de carboidratos e nitrogênio em relação aos da base do colmo.

O estágio de desenvolvimento da planta, temperatura, estresse hídrico e adubação nitrogenada podem mudar drasticamente o nível de reserva. A variação sazonal das reservas de carboidratos é, muitas vezes, diferente dentro da mesma espécie, quando submetida a diferentes ambientes (JACQUES, 1973; WHITE, 1973). Muitos trabalhos comprovam que, logo após a desfolhação, ocorre redução progressiva dos teores de carboidratos não estruturais de reserva, e apenas após a recuperação plena da planta esses compostos poderão ser novamente armazenados (RODRIGUES; RODRIGUES, 1987).

Lupinacci (2002) avaliou as reservas orgânicas em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes intensidades de pastejo. Foi observado, neste estudo, maior teor de carboidratos não estruturais entre as maiores alturas do pasto, justificando que a manutenção de maior altura do pasto proporciona maior acúmulo de energia, uma vez que as plantas dependem pouco das reservas para manter o metabolismo. Quanto aos compostos nitrogenados, à medida que a altura do pasto aumentou, o teor de nitrogênio diminuiu, indicando pouco investimento em reserva e maior nos órgãos fotossintetizantes por parte da planta.

A importância dos carboidratos de reserva na recuperação das plantas é, no entanto, contestada por alguns autores. Humphreys (1991) acredita que os perfilhos novos tornam-se fotossinteticamente ativos em curto prazo, assumindo, rapidamente, o papel de fornecedor de assimilados para os outros órgãos vegetativos. Adeptos a esse pensamento, muitos justificam a redução das reservas devido à contínua respiração dos tecidos restantes após desfolhação, sendo pequena fração dessas reservas realmente utilizada para formação de novos tecidos. May (1960) destacou que o decréscimo dos carboidratos totais não estruturais, após a desfolhação, não implica necessariamente translocação dessas substâncias para a recuperação da parte aérea e reconstituição da área foliar, mas, sim, empregado como substrato respiratório. Broughman (1956) também rebaixou a importância dos carboidratos não estruturais após a desfolhação e destacou a área foliar remanescente como principal determinante da recuperação do dossel, por constatar relação inversa entre o tempo para formação de novos tecidos e a intensidade de desfolhação.

Apesar das divergências quanto à relativa importância dos compostos de reserva na restauração da parte aérea, é inquestionável que esse mecanismo atue de maneira complementar e não competitiva com a área foliar remanescente (LUPINACCI, 2002). Além disso, a quantidade de folhas do resíduo é que irá determinar a maior ou menor relevância das reservas na recuperação da parte aérea.

3. HIPÓTESES

- A altura pré-pastejo dos pastos de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril não corresponde à altura recomendada em monocultivo no método de lotação rotativa.
- O capim-braquiária em sistema silvipastoril possui melhor valor nutritivo em relação ao pasto cultivado em pleno sol.
- O capim-braquiária quando cultivado em sistema silvipastoril possui menores concentrações de reservas orgânicas em relação ao cultivo em pleno sol.
- As estratégias de manejo do pastejo que possibilitam maiores áreas foliares pós e, ou, pré-pastejo em sistemas silvipastoris são eficientes para atenuar o efeito negativo do sombreamento sobre a rebrotação do capim-braquiária.

4. OBJETIVOS

- Avaliar frequências de pastejo baseadas em diferentes alturas de pré-pastejo da *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril.
- Definir metas de manejo do pastejo da *B. decumbens* em sistema silvipastoril.
- Avaliar o valor nutritivo da *B. decumbens* em sistema silvipastoril e monocultivo.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Localização, período experimental e dados climáticos

A área experimental utilizada pertence ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais (20° 45' de latitude Sul, 46° 51' de longitude Oeste e 689 m de altitude) de 0,4 hectare e topografia montanhosa. O Município de Viçosa está localizado na região da Zona da Mata de Minas Gerais.

O período total do experimento foi de 1.050 dias (01/06/2012 a 05/04/2015), com o período efetivo de avaliação de 1º/10/2013 a 05/04/2015, totalizando 540 dias. O período inicial de 1º/06/2012 a 1º/10/2013 foi destinado ao preparo da área como dessecação, desbaste de árvores, construção de cercas, amostragem de solo e pastejo de uniformização da altura do pasto.

O clima da região de Viçosa, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, com estação seca (outono-inverno) e chuvosa (primavera-verão) bem definida. Os dados referentes à precipitação pluvial, temperaturas média, mínima e máxima durante o período experimental foram registrados na Estação Meteorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, distante, aproximadamente, 550 m da área experimental (Figura 1).

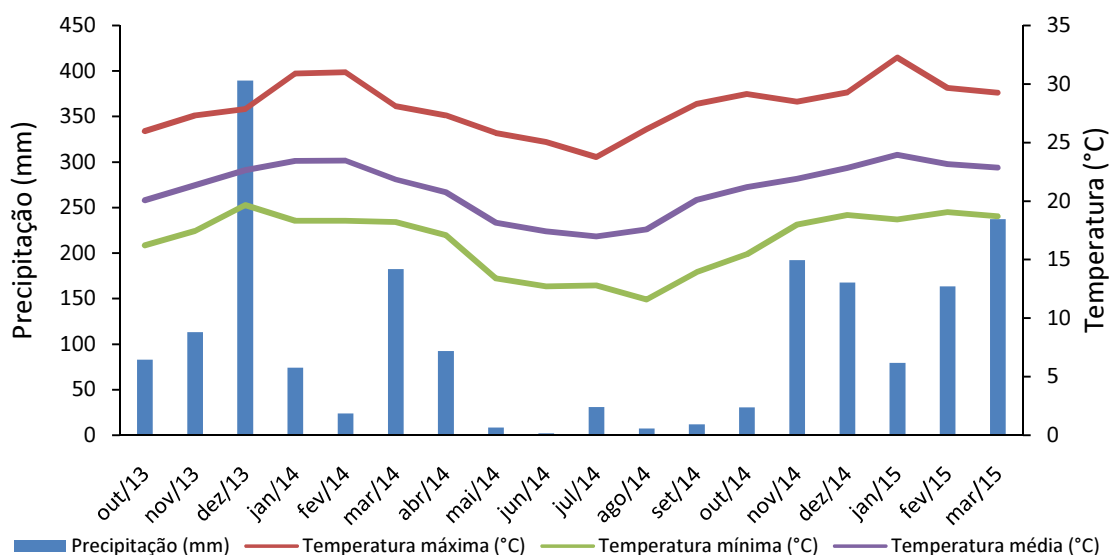


Figura 1 – Dados climáticos registrados durante o período experimental.

5.2. Histórico e preparo da área experimental

No período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011, foi conduzido experimento na área com eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) e capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*), onde foram avaliadas respostas da forrageira em monocultivo e sistema silvipastoril sob diferentes arranjos de plantio do eucalipto (6x2 m, 6x4 m, 8x2 m, 8x4 m, 10x2 m e 10x4 m), com frequência de desfolhação quando atingisse 95% de interceptação luminosa e manejo com 20 cm de altura do pasto em pré-pastejo. Diante dos resultados desse experimento e da necessidade de continuar a pesquisa nesse sistema, em junho de 2012 foi realizado desbaste de árvores de eucalipto no sistema silvipastoril com espaçamentos mais densos (6x2, 6x4, 8x2, 8x4 e 10x2), de modo que toda a área de sistema silvipastoril ficasse com espaçamento de 10x4 m que constitui melhor resultado. Nesse período, foi anexada uma área adjacente à do sistema silvipastoril para implantação do capim-braquiária em monocultivo. Nessa área, havia presença de plantas daninhas dicotiledôneas (folhas largas) com baixo estande de *B. decumbens*.

Em ambas as áreas, sistema silvipastoril de *Brachiaria decumbens* com eucalipto no espaçamento de 10x4 m e monocultivo, efetuou-se roçada mecânica da vegetação. Após a rebrotação, foram realizadas dessecação e ressemeadura do capim-braquiária para homogeneização das condições iniciais em toda a área

experimental. O herbicida foi aplicado 30 dias após a roçada da vegetação, utilizando $1,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de glyphosate e $0,480 \text{ kg ha}^{-1}$ de 2,4-D. Nas Figuras 2 e 3 são apresentadas fotos das duas áreas a após dessecação.



Figura 2 – Área no sistema silvipastoril com eucalipto e capim-braquiária após a dessecação da gramínea, em Viçosa-MG.



Figura 3 – Área do monocultivo do capim-braquiária após a dessecação da vegetação, em Viçosa-MG.

A área experimental está no topo do relevo, em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2006), caracterizado por textura argilosa, pH ácido, baixa saturação por bases e alta concentração de alumínio.

Em novembro de 2012, foram retiradas 60 amostras na profundidade de 0-20 cm, com o auxílio de trado-holandês. Essas amostras compuseram três amostras compostas (A₁, A₂ e A₃), que representavam a heterogeneidade da área experimental, conforme resultados mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise química de rotina das amostras A₁, A₂ e A₃ na camada de 0 a 0,20 m de profundidade do solo, na área experimental

Amostras	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	SB	(t)	(T)	V	m	P-rem
	H ₂ O	mg dm ⁻³				cmol _c dm ⁻³			%		mg L ⁻¹	
A ₁	4,5	2,2	28,0	0,5	0,1	1,2	0,7	1,9	7,9	8,9	62,6	22,0
A ₂	4,8	2,1	49,0	1,4	0,5	0,6	2,0	2,6	8,1	24,9	22,6	26,1
A ₃	4,3	1,0	43,0	0,4	0,1	1,3	0,6	1,9	8,2	7,3	67,9	22,4

De posse dos resultados da análise de solo, procedeu-se à correção do solo da área experimental. Com o objetivo de elevar a saturação por bases para 40%, foram aplicados no início de dezembro de 2012 a lanço, o equivalente a 2,7; 1,4; e 3 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 82%) nas áreas A₁, A₂ e A₃, respectivamente.

No período de dezembro de 2012, por ocasião da semeadura da forrageira, foram aplicados a lanço sobre a palhada 200 kg ha⁻¹ da formulação N₂, P₂O₅ e K₂O (8-28-16). A semeadura da *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk foi realizada também a lanço, com 8 kg de sementes puras viáveis por hectare, em 22 de dezembro de 2012, sobre a palhada dessecada.

Antes das avaliações experimentais em setembro de 2013, foi realizada a roçada manual (Figura 4) do capim-braquiária nos sistemas silvipastoril e monocultivo, sendo a forragem retirada dos piquetes (Figura 5).



Figura 4 – Roçada realizada para uniformização do pasto de capim-braquiária nas unidades experimentais (piquetes).



Figura 5 – Retirada da forragem das unidades experimentais (piquetes), realizada para uniformização do pasto de capim-braquiária.

Esse procedimento foi realizado somente no início do experimento, com o objetivo de assegurar que as metas iniciais de pré-pastejo fossem geradas corretamente. A partir dessa roçada, iniciou-se o monitoramento da altura dos pastos. Na segunda quinzena de setembro de 2013, foi iniciado o pastejo, conforme as metas de entrada e intensidade de 50% da altura de pré-pastejo descritas a seguir, no item 5.3.

Na descrição das condições experimentais, foram realizadas medições de altura e diâmetro na altura do peito (DAP) de 30% das árvores do sistema silvipastoril no início e no final do período experimental. As medidas de altura foram estimadas com um clinômetro digital e as do DAP, com fita métrica, para estimativa da circunferência a 1,30 m do solo que, posteriormente, foi dividida por π .

5.3. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos completos ao acaso, com dois blocos e duas repetições por bloco. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 5x3, correspondendo, respectivamente, a quatro frequências de pastejos do capim-braquiária (20, 30, 40 e 50 cm) no sistema silvipastoril; uma testemunha em monocultivo, com a mesma forrageira manejada com base na interceptação de 95% da radiação fotossinteticamente ativa; e três períodos de avaliação (primavera-verão 2013/2014, outono-inverno 2014 e primavera-verão 2014/2015).

A área experimental de 0,4 ha (Figura 6), incluindo a do sistema silvipastoril (espaçamento 10x4 m) e monocultivo do capim-braquiária, foi subdividida em 20 piquetes com aproximadamente 200 m², distribuídos em dois blocos.



Figura 6 – Área experimental composta pelo sistema silvipastoril (à direita) e monocultivo do capim-braquiária (à esquerda).

5.4. Manejo da pastagem

O capim-braquiária foi manejado utilizando-se como variável-controle as quatro alturas (20, 30, 40 e 50 cm) dos pastos no sistema silvipastoril e em monocultivo e a interceptação de 95% da radiação incidente. A interrupção da rebrotação (pastejo) era realizada quando a média das alturas nos quatro piquetes do silvipastoril atingiam as metas estabelecidas. A intensidade de pastejo foi definida como 50% da altura de entrada, conforme proposto por Fonseca et al. (2012). O pastejo foi realizado simulando o método de lotação intermitente *mob grazing*, 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 (Figura 7) e monocultivo (Figura 8). Foram utilizados animais machos mestiços pertencentes ao Setor Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, com peso corporal médio de 450 kg. Os animais permaneciam sob restrição de sólidos por 12 horas antes de serem conduzidos para área experimental.



Figura 7 – Animais pastejando em simulação do método de pastejo intermitente *mob grazing* no sistema silvipastoril.



Figura 8 – Animais pastejando em simulação do método de pastejo intermitente *mob grazing* no monocultivo.

Durante o período efetivo de avaliação experimental, foram aplicados 300 kg ha⁻¹ de N na formulação N₂, P₂O₅ e K₂O (20-05-20), parcelados em seis aplicações de 50 kg ha⁻¹ de N, sendo três aplicações por estação de crescimento. A distribuição do adubo foi realizada na condição de pós-pastejo, ou seja, assim que fosse realizado o pastejo e em condições de umidade no solo. Como o intervalo de pastejos e as condições ambientais foram variáveis, as datas de aplicações também foram variáveis, porém realizadas de forma que todos os tratamentos recebessem a mesma quantidade de N ao final de cada período de crescimento.

5.5. Avaliações

5.5.1. Sombreamento

As estimativas do sombreamento foram realizadas uma vez a cada período (primavera-verão 2013/2014, outono-inverno 2014, primavera-verão 2014/2015) de avaliação, utilizando um analisador de dossel (Figura 9), da marca LI-COR, modelo LAI 2000 (LI-COR,1992), sendo tomadas 27 leituras abaixo do dossel das árvores por bloco, sendo subdivididas em nove leituras ao longo da linha de plantio do eucalipto, nove leituras na parte central da entrelinha e nove leituras em posição intermediária entre a linha e a entrelinha de plantio das árvores. Para cada nove leituras abaixo das árvores, foram realizadas duas leituras fora do sistema silvipastoril, no monocultivo do capim-braquiária (pleno sol).

5.5.2. Número de ciclos e intervalos de pastejos

O número de ciclos correspondeu ao número de vezes em que os pastos foram submetidos ao pastejo. O intervalo de pastejos, em dias, foi determinado pelo tempo necessário para que o pasto de capim-braquiária atingisse as alturas de 20, 30, 40 ou 50 cm no sistema silvipastoril ou, ainda, 95% de IL para os pastos em pleno sol.



Figura 9 – Aparelho analisador de dossel da marca LI-COR utilizado para o monitoramento do sombreamento do eucalipto e a interceptação luminosa do capim-braquiária.

5.5.3. Altura do pasto

A altura dos pastos foi monitorada duas vezes por semana ou uma vez por semana, dependendo das condições ambientais. Foram realizadas 21 leituras por unidade experimental, utilizando-se uma haste de PVC graduada em centímetros. A altura de cada ponto correspondeu à altura média do dossel em torno da régua, tendo o plano imaginário da altura média da curvatura das folhas como referência da altura do pasto. Foram registradas as leituras de altura na condição de pré-pastejo e logo após o pastejo (pós-pastejo). No sistema silvipastoril, as leituras das alturas do pasto foram divididas em três estratos horizontais, com sete leituras por estrato, conforme a distância das árvores: até dois metros, entre dois e quatro metros e na parte central da entrelinha das árvores.

5.5.4. Intercepção luminosa e índice de área foliar

O monitoramento da intercepção luminosa (IL) no monocultivo foi realizado duas vezes por semana ou diariamente, quando o pasto estivesse próximo da meta para garantir que a meta de 95% fosse atingida com maior precisão e exatidão. Para o monitoramento da intercepção luminosa, foi utilizado o aparelho analisador do dossel marca LI-COR, modelo LAI 2000 (LI-COR,1992) (Figura 9). Foi realizada uma medição com o sensor nivelado acima do dossel forrageiro e duas medições tomadas ao nível do solo, sendo essa sequência realizada em cada estação de avaliação. Foram utilizadas nove estações (locais) por unidade experimental, totalizando nove leituras acima do dossel forrageiro e 18 ao nível do solo.

No sistema silvipastoril, as estimativas foram feitas na condição de pré-pastejo, ou seja, quando os pastos atingiram 20, 30, 40 ou 50 cm. As leituras foram realizadas com o sensor nivelado acima do dossel forrageiro (abaixo da copa das árvores) e duas medições tomadas ao nível do solo, sendo essa sequência realizada em cada estação de avaliação. Foram utilizadas nove estações por unidade experimental, totalizando nove leituras acima do dossel forrageiro e 18 ao nível do solo. As estações foram divididas em três estratos horizontais com três estações por estrato, conforme a distância das árvores: até dois metros, entre dois e quatro metros e na parte central da entrelinha das árvores.

5.5.5. Massa pré e pós-pastejo e componentes morfológicos da forragem

A massa de forragem foi mensurada na condição de pré e pós-pastejo, com o auxílio de molduras metálicas de 0,25 m², com duas amostragens por unidade experimental (Figura 10). As molduras foram posicionadas em pontos representativos da altura média do dossel, e a forragem contida no interior da moldura foi colhida ao nível do solo, com o auxílio de tesouras de poda. No sistema silvipastoril, optou-se por estratificar a área útil em duas partes: próximo da linha de plantio do eucalipto e na parte central da entrelinha de plantio, de tal forma que as amostragens fossem sempre realizadas próximo da linha e uma na parte central da entrelinha. Após 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,

acondicionada em saco de papel kraft e colocada em estufa de ventilação forçada de ar a 55 °C, por 72 horas, até peso constante, para ser novamente pesada para cálculo da concentração de amostra seca ao ar (% ASA).



Figura 10 – Amostragem rente ao solo da massa de forragem no pré-pastejo em monocultivo.

Na avaliação dos componentes morfológicos da forragem, a outra subamostra da forragem nas condições de pré e pós-pastejo foi separada manualmente, com o auxílio de tesouras nas frações lâmina foliar, pseudocolmo (bainha + colmo) e forragem senescente (Figura 11). Posteriormente, cada componente foi acondicionado em saco de papel kraft, pesado e colocado em estufa para, após secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 55 °C, por 72 horas, ser pesado novamente para o cálculo da concentração de amostra seca ao ar (% ASA). Os valores dos componentes morfológicos foram expressos como porcentagem da massa de forragem.



Figura 11 – Componentes morfológicos de amostras do pasto de capim-braquiária.

5.5.6. Taxa de acúmulo e remoção da forragem

O acúmulo de forragem (kg MS ha^{-1}) por ciclo de pastejo foi calculado a partir da diferença entre a massa de pré-pastejo do ciclo atual e a massa de forragem no pós-pastejo do ciclo anterior. O acúmulo total foi estimado pelo somatório do acúmulo de cada ciclo de pastejo durante o período de avaliação. A taxa de acúmulo média diária de MS foi obtida pela divisão do acúmulo de forragem total em cada período de avaliação pelo número de dias do período. A taxa de acúmulo de lâminas foliares foi estimada com os mesmos cálculos utilizados para a taxa de acúmulo de MS, utilizando-se, porém, a massa de lâminas foliares em pós e pré-pastejo. Já a remoção de forragem foi estimada pelo percentual de forragem removida da massa pré-pastejo, obtida pela relação entre massa-pós e massa-pré do mesmo ciclo subtraído de 100:

$$\text{Remoção} = 100 - [(massa-pós/massa-pré) \times 100]$$

5.5.7. Densidade populacional de perfilhos e massa de perfilho

Os dados referentes à densidade populacional de perfilhos (DPP) foram obtidos por meio da colheita e contagem do número de perfilhos em duas amostras

por piquete, na condição de pré-pastejo. A escolha dos pontos de amostragem foi realizada de forma a representar a altura média do pasto no momento da avaliação. Os perfilhos no interior da moldura de 0,0625 m² (Figura 12) foram colhidos ao nível do solo e armazenados em sacos plásticos devidamente identificados. As amostras foram levadas para laboratório, onde foram efetuadas a contagem e pesagem dos perfilhos.



Figura 12 – Moldura metálica delimitando a área para colheita de perfilhos do capim-braquiária.

O índice de área foliar (IAF) foi estimado a partir de uma subamostra de lâmina foliar retirada da amostra para determinar a DPP. Para isso, foram cortados aproximadamente 100 segmentos de 10 cm de lâmina foliar, e o somatório da largura média de todos os segmentos foi multiplicado por 10 cm, estimando-se, assim, a área foliar da subamostra. Os segmentos medidos foram secos em estufa a 55 °C por 72 h e, posteriormente, pesados, a fim de estimar sua área foliar específica (cm² de lâmina

foliar por g de lâmina foliar). A partir dessa área e da massa de lâminas foliares em pré-pastejo ou pós-pastejo, foi estimado o índice de área foliar em pré ou pós-pastejo, conforme descrito por Radford (1967).

5.5.8. Composição química da forragem

A avaliação química foi realizada na amostra obtida para determinar a massa de forragem na condição de pré-pastejo e na amostra de estrato pastejável. A amostragem do estrato pastejável foi realizada com o objetivo de estimar a composição da forragem consumida pelo animal, para o que foi utilizada uma moldura com base regulável (Figura 13). Na condição de pré-pastejo, a moldura foi regulada na altura de pós-pastejo (50% da altura de entrada), para a colheita da forragem contida dentro e acima da moldura. A amostra de estrato pastejável foi composta por quatro subamostras colhidas em diferentes posições no piquete.



Figura 13 – Amostragem do estrato pastejável com o auxílio de moldura metálica.

As amostras foram secas em estufa de circulação forçada a 55 °C durante 72 h e, posteriormente, moídas em moinho com faca e peneira de 1 mm. Foram avaliadas as concentrações de massa seca (INCT-CA G-003/1), proteína bruta

(INCT-CA N-001/1), proteína insolúvel em detergente neutro (INCT-CA N-004/1), proteína insolúvel em detergente ácido (INCT-CA N-005/1), matéria mineral ou cinzas (INCT-CA M-001/1), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (INCT-CA F002/1), conforme descrito por Detmann et al. (2012). Para estimativa da digestibilidade *in vitro* da massa seca, adotou-se a técnica descrita por Tilley e Terry (1963), adaptada ao rúmen artificial, desenvolvido pela ANKOM®, conforme descrito por Holden (1999).

5.5.9. Reservas orgânicas

Ao final de cada estação do segundo ano de avaliação, realizaram-se duas amostragens de raízes e da base do colmo para avaliação dos teores de reservas orgânicas, utilizando um cilindro de aço com 15 cm de diâmetro, que foi alocado sobre a coroa de perfilhos e, em seguida, introduzido a uma profundidade de 20 cm da superfície do solo (Figura 14). A amostra foi padronizada para uma profundidade de 10 cm, e a parte aérea foi cortada a uma altura de 5 cm do nível do solo (base do colmo).

Logo após a colheita das amostras, estas foram lavadas em água corrente em peneiras (malha 10 mm) para retirada do solo, e a base do colmo foi separada das raízes. As amostras foram levadas para estufa de circulação forçada a 105 °C durante 1 h, para paralisação dos processos respiratórios e enzimáticos. Posteriormente, a estufa foi regulada a 55 °C, onde as amostras permaneceram por 72 h.

Após a secagem, as amostras de base do colmo e as raízes foram moídas em moinho com faca e peneira de 1 mm. As amostras foram utilizadas para determinação da concentração de proteína bruta (INCT-CA N-001/1). Consideraram-se como carboidratos solúveis os açúcares redutores (glicose e frutose) por serem mais sensíveis aos efeitos da desfolhação em relação aos não redutores e amido (ALEXANDRINO et al., 2008). A análise dos carboidratos foi realizada conforme a metodologia descrita por Nelson (1944) e Somogy (1952).



Figura 14 – Colheita e preparo das amostras de base do colmo e raízes.

5.6. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise estatística, segundo o procedimento PROC MIXED do pacote estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2002). Todos os conjuntos de dados foram testados, antes da análise geral global, com a finalidade de assegurar que as quatro premissas para análise de variância (aditividade do modelo, independência dos erros, normalidade dos dados e homogeneidade de variâncias) estavam sendo atendidas. Assim, foi possível detectar efeitos das causas de variação principal entre manejo do pastejo e período de avaliação, bem como a interação entre os fatores. Para fins de análise, os efeitos de manejo do pastejo e período de avaliação e suas interações foram considerados fixos e o efeito de bloco, aleatório. A comparação de médias foi realizada por meio do “LSMEANS”, adotando-se o teste de Tukey em nível de significância de 5%, conforme o valor P.

6. RESULTADOS

6.1. Sombreamento, altura e diâmetro à altura do peito no eucalipto

As médias do sombreamento, da altura e do diâmetro à altura do peito (1,3 m do nível do solo) são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Altura e diâmetro à altura do peito (DAP) do eucalipto e sombreamento no sistema silvipastoril, nos períodos de primavera-verão 2013/14 (Prim-Ver 2013/14), outono-inverno 2014 (Out-Inver 2014) e primavera-verão 2014/15 (Prim-Ver 2014/15)

Caraterísticas	Período		
	Prim-Ver 2013/14	Out-Inver 2014	Prim-Ver 2014/15
Altura (m)	22,3	-	28,4
DAP (cm)	21,6	-	27,1
Sombreamento (%)	40,5	45,6	44,1

- Avaliação não realizada.

6.2. Eliminação de tratamento

O manejo com altura de pré-pastejo de 20 cm e 10 cm de resíduo pós-pastejo (50% da altura de entrada) no sistema silvipastoril foi avaliado apenas durante três

ciclos de pastejo. Essa meta de manejo era rapidamente atingida, apresentando curto intervalo de pastejos. Essa alta frequência de pastejos, associada às amostragens destrutivas realizadas ao nível do solo, nas condições de pré e pós-pastejo, resultou em degradação do pasto. Em face do comprometimento da sustentabilidade com esse manejo, optou-se pela exclusão desse tratamento.

6.3. Número de ciclos e intervalos de pastejos

O número médio de ciclos de pastejo e o intervalo de pastejo estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Número de ciclos e intervalos de pastejo (dias) do capim-braquiária nas diferentes alturas em sistemas silvipastoril e monocultivo com 95% IL, nos períodos da primavera-verão 2013/14 (Prim-Ver 2013/14), outono-inverno 2014 (Out-Inver 2014) e primavera-verão 2014/15 (Prim-Ver 2014/15)

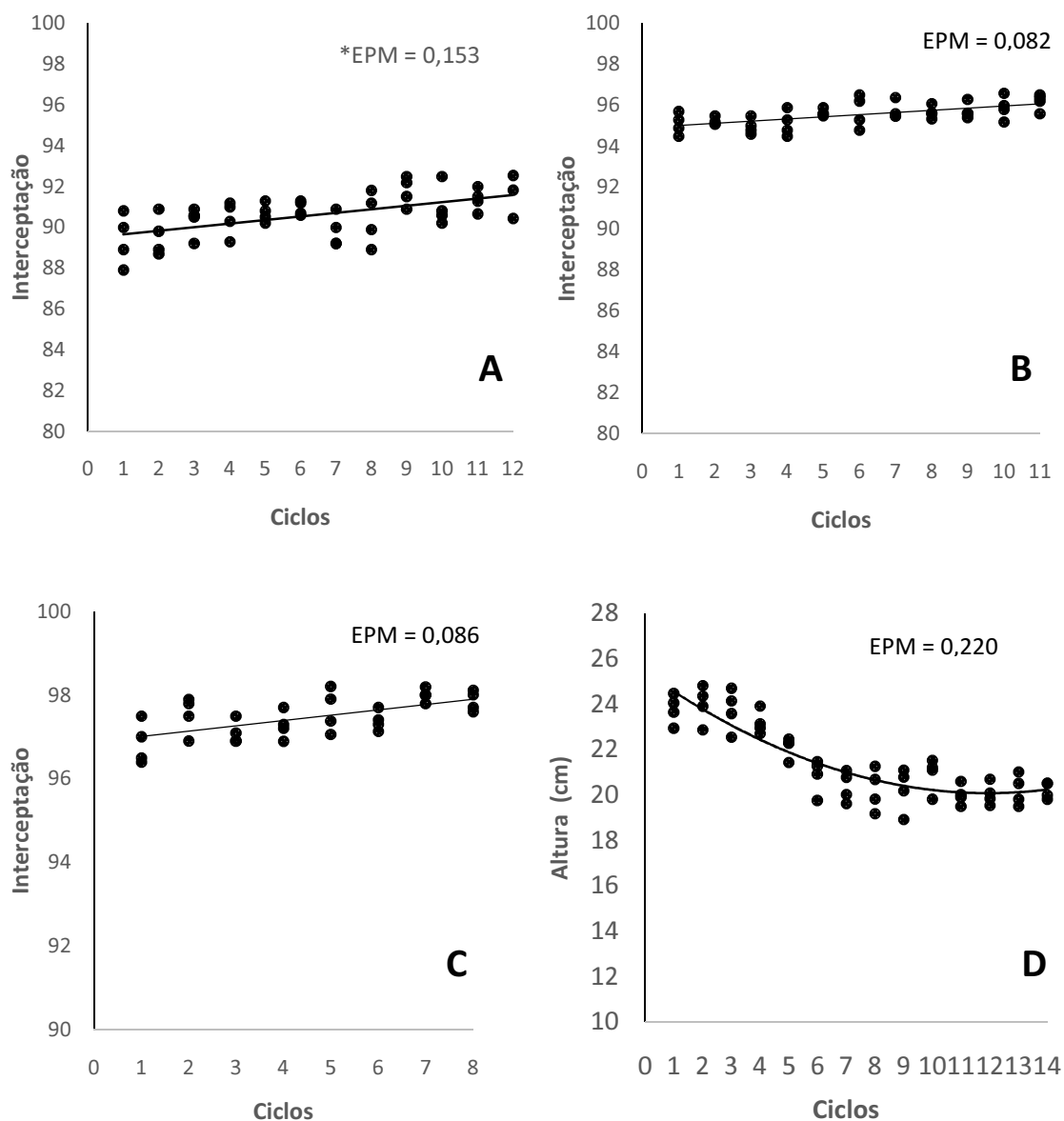
Período	Altura pré-pastejo em silvipastoril (cm)			Monocultivo (95% IL)
	30	40	50	
	Ciclos de pastejo*			
Prim-Ver 2013/14	6,00	4,80	3,75	7,00
Out-Inver 2014	1,90	1,81	1,25	2,30
Prim-Ver 2014/15	5,10	4,38	3,00	5,70
	Intervalo de pastejo (dias)*			
Prim-Ver 2013/14	29,86	37,13	47,72	25,59
Out-Inver 2014	97,36	102,72	148,50	80,40
Prim-Ver 2014/15	37,00	44,19	64,44	32,63

* Não submetido ANOVA.

Observou-se que o número de ciclos de pastejos na primavera-verão de 2013/14 foi maior que o do período de 2014/15, que por sua vez foi maior que o do período de outono-inverno de 2014. Nos sistemas silvipastoris, os intervalos de pastejos foram maiores em relação aos do monocultivo, mesmo na menor altura pré-pastejo (30 cm). Vale realçar ainda que esse padrão de resposta foi observado à medida que aumentou a altura de manejo nos sistemas silvipastoris.

6.4. Altura e interceptação de luz

A interceptação de luz variou em função da altura de manejo no sistema silvipastoril ($P < 0,0001$). Os resultados de interceptação de luz foram bastante consistentes com baixa variabilidade, para uma mesma altura de pasto (Figura 16).



*EPM (erro-padrão da média).

Figura 16 – Interceptação de luz em pastos de capim-braquiária no pré-pastejo com 30 cm (A), 40 cm (B) e 50 cm (C) em sistemas silvipastoril e altura do pasto em monocultivo com 95% IL (D), em função dos ciclos de pastejos.

Houve tendência de ligeiros aumentos na interceptação de luz ao longo dos ciclos de pastejo. Interceptações semelhantes (95%) foram observadas em pasto manejado com altura pré-pastejo de 40 cm em sistema silvipastoril em relação ao monocultivo. Enquanto em monocultivo o capim-braquiária manejado com 95% de interceptação de luz apresentou altura média de 24 cm nos primeiros ciclos de pastejo, estabilizando-se próximo dos 20 cm nos demais ciclos (Figura 16).

6.5. Densidade populacional e massa de perfilhos

Na Tabela 4 são apresentados os dados de densidade populacional de perfilhos (DPP) e massa por perfilho. Houve interações entre manejo e período de avaliação para a DPP ($P = 0,0079$) e massa de perfilho ($P < 0,0001$).

Tabela 4 – Densidade populacional de perfilhos (DPP) e massa de perfilho em pastos de capim-braquiária nas diferentes alturas, em sistemas silvipastoril e monocultivo com 95% IL, nos períodos de primavera-verão 2013/14 (Prim-Ver 2013/14), outono-inverno 2014 (Out-inver 2014) e primavera-verão 2014/15 (Prim-Ver 2014/15)

Período	Altura pré-pastejo em silvipastoril (cm)			Monocultivo (95% IL)
	30	40	50	
DPP (perfilhos m⁻²)				
Prim-Ver 2013/14	1.236,0 Ba	1.266,4 Ba	1.135,0 Ba	1.715,1 Aa
Out-Inver 2014	737,4 Bc	817,5 Bc	745,2 Bb	1.370,8 Ab
Prim-Ver 2014/15	1.005,2 Bb	1.030,9 Bb	678,0 Cb	1.560,1 Aa
EPM*	44,4			
Massa de perfilho (g perfilho⁻¹)				
Prim-Ver 2013/14	0,279 Bc	0,350 Ab	0,368 Ac	0,226 Bb
Out-Inver 2014	0,369 Bb	0,430 Ba	0,687 Aa	0,229 Cb
Prim-Ver 2014/15	0,401 Ca	0,497 Ba	0,661 Aa	0,312 Da
EPM*	0,016			

Médias na mesma linha seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

*EPM (erro-padrão da média).

O sistema silvipastoril apresentou redução do perfilhamento em relação ao monocultivo em todas as alturas pré-pastejo e épocas do ano. No período seco (outono-inverno), houve redução da DPP em relação ao período das águas (primavera-verão) do primeiro ano. Houve tendência de redução do número de perfilhos do primeiro (2013/14) para o segundo ano (2014/15) de avaliação, no período das águas (primavera-verão). Com relação às alturas de manejo, na altura de 30 e 40 cm o padrão de resposta foi semelhante, com reduções médias de 27% e 34% nos períodos das águas do primeiro e do segundo ano de avaliação, respectivamente. Redução mais acentuada (56%) foi observada no manejo com 50 cm de altura, no segundo ano de avaliação (Tabela 4).

Já a massa de perfilho foi maior no sistema silvipastoril em relação ao 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.

6.6. Massa e composição morfológica da forragem

Na Tabela 5 são apresentados os valores de massa de forragem em pré-pastejo e as porcentagens dos componentes morfológicos. Houve interações entre período e manejo ($P < 0,0001$) para as características massa de forragem, porcentagem de lâminas foliares, pseudocolmo e forragem senescente.

A massa de forragem no sistema silvipastoril foi maior no período de primavera-verão 2014/15 em relação aos demais períodos, com exceção do manejo com 50 cm, em que as massas foram semelhantes entre os períodos outono-inverno 2014 e primavera-verão 2014/15. Já em monocultivo menor massa de forragem foi observada no período seco, seguido do período de primavera-verão 2013/14, que por sua vez foi menor que o do mesmo período do ano seguinte (2014/15) (Tabela 5).

O manejo do pasto com altura de 50 cm possibilitou maior massa de forragem. O manejo com 40 cm apresentou massa semelhante em relação ao monocultivo, enquanto a menor massa de forragem foi observada no manejo com 30 cm de altura (Tabela 5).

Tabela 5 – Massa de forragem em pré-pastejo, porcentagem de lâmina foliar, de pseudocolmo e de forragem senescente em pastos de capim-braquiária nas diferentes alturas, em sistemas silvipastoril e monocultivo com 95% IL, nos períodos de primavera-verão 2013/14 (Prim-Ver 2013/14), outono-inverno 2014 (Out-inver 2014) e primavera-verão 2014/15 (Prim-Ver 2014/15)

Período	Altura pré-pastejo em silvipastoril (cm)			Monocultivo (95% IL)
	30	40	50	
Massa pré-pastejo (kg ha⁻¹)				
Prim-Ver 2013/14	3.503,4 Cb	4.927,4 Bb	5.946,4 Ab	5.089,2 Bb
Out-Inver 2014	3.677,6 Cb	4.697,4 Bb	7.244,8 Aa	4.208,2 Bc
Prim-Ver 2014/15	4.761,8 Ca	6.027,0 Ba	7.287,2 Aa	5.668,2 Ba
EPM*	214,2			
Lâmina foliar (%)				
Prim-Ver 2013/14	39,7 Aa	35,4 Ba	31,9 Ca	41,8 Aa
Out-Inver 2014	39,3 Aa	35,3 Ba	25,8 Cb	42,9 Aa
Prim-Ver 2014/15	41,2 Aa	36,4 Ba	32,6 Ca	39,9 Aa
EPM*	0,72			
Pseudocolmo (%)				
Prim-Ver 2013/14	43,5 Ba	49,9 Aa	52,1 Aa	41,3 Ba
Out-Inver 2014	33,4 Bb	40,4 Ab	38,5 Ab	31,8 Bb
Prim-Ver 2014/15	43,1 Ca	48,9 Ba	53,4 Aa	40,9 Ca
EPM*	0,88			
Forragem senescente (%)				
Prim-Ver 2013/14	16,8 Ab	16,7 Ab	16,0 Ab	16,9 Ab
Out-Inver 2014	27,2 Ba	24,2 Ba	39,7 Aa	24,5 Ba
Prim-Ver 2014/15	15,6 Bb	13,7 Bb	14,0 Bb	19,1 Ab
EPM*	1,21			

Médias na mesma linha seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

*EPM (erro-padrão da média).

A porcentagem de lâminas foliares nos piquetes em sistema silvipastoril manejado com 30 e 40 cm e em monocultivo não alterou entre os períodos avaliados, exceto no manejo com 50 cm de altura, quando houve redução da porcentagem de lâminas foliares no período de outono-inverno. O manejo com 30 cm em sistemas silvipastoril e monocultivo possibilitou maior porcentagem de lâminas foliares em relação aos demais manejos. Já a menor porcentagem de lâmina foliar foi observada em pastos manejados com 50 cm em sistema silvipastoril, independentemente do período de avaliação.

A porcentagem de pseudocolmo foi menor no período de outono-inverno em relação aos períodos de primavera-verão, em que as porcentagens foram similares de um ano para outro. Em geral, os pastos em sistema silvipastoril apresentaram maior porcentagem de pseudocolmo em relação ao do monocultivo, exceto quando foi manejado mais baixo (30 cm), quando não houve diferença significativa.

No período seco do ano (outono-inverno), a porcentagem de forragem senescente, sobretudo no manejo com 50 cm, aumentou em relação aos dos demais períodos de avaliação. No período das águas (primavera-verão), somente no segundo ano (2014/15) de avaliação houve diferença estatística ($P < 0,0001$) dos percentuais de forragem senescente, com valores mais altos observados no monocultivo.

6.7. Área foliar específica, índice de área foliar em pré-pastejo e pós-pastejo

Na Tabela 6 estão as médias da área foliar específica e os índice de área foliar na condição de pré e pós-pastejo. Os manejos influenciaram a área foliar específica ($P < 0,0001$) e o índice de área foliar na condição de pré-pastejo ($P < 0,0001$). Também, houve efeito dos períodos de avaliação nas características área foliar específica ($P = 0,0025$) e índice de área foliar em pré-pastejo ($P < 0,0001$). A interação ($P < 0,0001$) entre os fatores (período e manejo) foi observada apenas no índice de área foliar, na condição de pós-pastejo.

Tabela 6 – Área foliar específica e índice de área foliar em pré e pós-pastejo em pastos de capim-braquiária nas diferentes alturas, em sistemas silvipastoril e monocultivo com 95% IL, nos períodos de primavera-verão 2013/14 (Prim-Ver 2013/14), outono-inverno 2014 (Out-inver 2014) e primavera-verão 2014/15 (Prim-Ver 2014/15)

Período	Altura em silvipastoril (cm)			Monocultivo (95% IL)	Média
	30	40	50		
Área foliar específica (cm² g⁻¹ de lâmina foliar)					
Prim-Ver 2013/14	244,4 (4,65)	239,4 (4,65)	204,9 (4,65)	200,1 (4,65)	222,2 a (2,69)
Out-Inver 2014	228,6 (4,65)	230,8 (4,65)	201,1 (4,65)	186,4 (4,65)	211,7 b (2,69)
Prim-Ver 2014/15	239,5 (4,65)	241,6 (4,65)	211,2 (4,65)	199,9 (4,65)	223,0 a (2,69)
Média	237,5 A (2,69)	237,3 A (2,69)	205,7 B (2,69)	195,5 C (2,69)	
Índice de área foliar em pré-pastejo (m² de lâmina foliar m⁻² de solo)					
Prim-Ver 2013/14	3,61 (0,18)	5,01 (0,18)	4,85 (0,18)	4,17 (0,18)	4,41 b (0,10)
Out-Inver 2014	3,18 (0,18)	4,46 (0,18)	3,86 (0,18)	3,56 (0,18)	3,76 c (0,10)
Prim-Ver 2014/15	4,09 (0,18)	5,51 (0,18)	5,48 (0,18)	4,45 (0,18)	4,88 a (0,10)
Média	3,63 C (0,10)	4,99 A (0,10)	4,73 A (0,10)	4,06 B (0,10)	
Índice de área foliar em pós-pastejo (m² de lâmina foliar m⁻² de solo)					
Prim-Ver 2013/14	1,08 Ba (0,07)	1,45 Aa (0,07)	1,56 Ab (0,07)	1,12 Ba (0,07)	1,30 (0,04)
Out-Inver 2014	0,90 Aa (0,07)	0,98 Ab (0,07)	1,17 Ac (0,07)	0,89 Aa (0,07)	0,98 (0,04)
Prim-Ver 2014/15	1,10 Ca (0,07)	1,68 Ba (0,07)	2,16 Aa (0,07)	1,08 Ca (0,07)	1,50 (0,04)
Média	1,03 (0,04)	1,37 (0,04)	1,63 (0,04)	1,03 (0,04)	

Número entre parênteses corresponde ao erro-padrão da média.

Médias na mesma linha seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

A área foliar específica foi maior nos pastos em sistemas silvipastoris em relação ao monocultivo. O manejo com 30 e 40 cm apresentou área foliar específica similar, enquanto no manejo a 50 cm houve redução dessa característica. No período de outono-inverno, houve redução dessa característica, não havendo diferenças entre os anos (2013/14 e 2014/15), no período de primavera-verão. No entanto, o índice de área foliar em pré-pastejo foi maior nos pastos em monocultivo em relação ao do sistema silvipastoril manejado com 30 cm. Já os manejos com 40 e 50 cm foram maiores que os demais e não diferiram entre si. No período de primavera-verão 2014/15, foram observados acréscimos no índice de área foliar em relação ao mesmo período do ano anterior. Menor valor foi observado no período de outono-inverno.

Na condição de pós-pastejo, o índice de área foliar foi maior no manejo com 40 e 50 cm em relação aos demais manejos nos períodos das águas (primavera-verão 2013/14 e 2014/15), e somente no segundo ano de avaliação (2014/15) o manejo com 50 cm foi maior que o manejo com 40 cm. Padrões semelhantes de área foliar residual (pós-pastejo) foram observados nos manejos com 30 cm em sistemas silvipastoril e monocultivo. No período de outono-inverno, não houve diferença entre os manejos.

6.8. Taxa de acúmulo de massa seca (MS), lâminas foliares e remoção de forragem

As características produtivas, bem como a remoção de forragem, foram influenciadas pela interação entre os manejos e os períodos de avaliação ($P < 0,0001$) (Tabela 7).

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. Porém, reduções menos drásticas (22% e 18%) foram observadas quando o pasto foi manejado com 40 cm nos períodos de primavera-verão 2013/14 e primavera-verão 2014/15. Houve redução na taxa de acúmulo no período de outono-inverno com acúmulos ainda mais inferiores no sistema silvipastoril (42% nas alturas de 30 e 40 cm e 62% com 50 cm de altura) em relação ao monocultivo.

Tabela 7 – Taxa de acúmulo de MS, taxa de acúmulo de lâminas foliares e remoção de forragem em pastos de capim-braquiária nas diferentes alturas, em sistemas silvipastoril e monocultivo com 95% IL, nos períodos de primavera-verão 2013/14 (Prim-Ver 2013/14), outono-inverno 2014 (Out-inver 2014) e primavera-verão 2014/15 (Prim-Ver 2014/15)

Período	Altura pré-pastejo em silvipastoril (cm)			Monocultivo (95% IL)
	30	40	50	
Taxa de acúmulo de MS (kg ha⁻¹ dia)				
Prim-Ver 2013/14	48,97 Ca	65,88 Ba	43,60 Ca	84,17 Aa
Out-Inver 2014	15,43 Bb	14,78 Bb	10,05 Cc	26,20 Ab
Prim-Ver 2014/15	51,83 Ca	63,43 Ba	26,19 Db	77,91 Aa
EPM*	2,2			
Taxa de acúmulo de lâminas foliares (kg ha⁻¹ dia)				
Prim-Ver 2013/14	34,10 Ba	36,04 Ba	27,05 Ca	59,83 Aa
Out-Inver 2014	10,12 Bc	9,39 Bc	3,37 Cc	17,84 Ac
Prim-Ver 2014/15	31,70 Ba	29,00 Bb	16,60 Cb	48,23 Ab
EPM	1,2			
Remoção de forragem (%)				
Prim-Ver 13-14	38,9 Ba	48,9 Aa	30,8 Cb	37,9 Ba
Out-Inver 14	43,3 Aa	47,7 Aa	35,0 Ba	36,5 Ba
Prim-Ver 14-15	39,7 Ba	46,6 Aa	22,1 Cc	37,7 Ba
EPM	1,71			

Médias na mesma linha seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

*EPM (erro-padrão da média).

A redução na taxa de acúmulo de lâminas foliares no sistema silvipastoril foi mais pronunciada do que a taxa de acúmulo de massa seca. Os manejos com altura pré-pastejo de 30 e 40 cm em sistema silvipastoril não diferiram, porém apresentaram reduções médias de 41 e 38% em relação ao monocultivo, nos períodos de primavera-verão 2013/14 e primavera-verão 2014/15. Com relação aos períodos de avaliação, o padrão de resposta foi semelhante ao observado no acúmulo de MS.

A remoção de forragem foi maior no manejo com 40 cm em relação ao do monocultivo e às demais alturas de manejo em sistema silvipastoril. A altura de pré-

pastejo de 30 cm possibilitou a remoção de forragem igual à do monocultivo e maior que a do manejo com 50 cm. Houve redução acentuada da remoção de forragem no manejo com 50 cm, no período de primavera-verão 2014/15.

6.9. Proteína bruta e seu fracionamento

Na Tabela 8 são apresentados os valores de proteína bruta (PB) da massa seca no pré-pastejo e no estrato pastejável. Houve interação entre os períodos de avaliação e os manejos na massa de pré-pastejo ($P = 0,001$) e o estrato pastejável ($P = 0,0016$).

Tabela 8 – Proteína bruta (%) da massa de forragem do estrato pastejável em pré-pastejo de capim-braquiária nas diferentes alturas, em sistemas silvipastoril e monocultivo com 95% IL, nos períodos de primavera-verão 2013/14 (Prim-Ver 2013/14), outono-inverno 2014 (Out-inver 2014) e primavera-verão 2014/15 (Prim-Ver 2014/15)

Período	Altura pré-pastejo em silvipastoril (cm)			Monocultivo (95% IL)
	30	40	50	
Massa pré-pastejo				
Prim-Ver 2013/14	13,56 Aa	12,75 ABa	11,51 Ba	11,90 ABa
Out-Inver 2014	8,61 Ab	9,63 Ab	6,45 Bb	9,81 Ab
Prim-Ver 2014/15	12,51 Aa	11,71 Aa	11,31 Aa	11,08 Aab
EPM*	0,39			
Estrato pastejável				
Prim-Ver 13-14	16,73 Aa	15,51 Aa	13,70 Ba	13,06 Ba
Out-Inver 14	10,71 Ab	11,86 Ab	8,03 Bb	11,08 Ab
Prim-Ver 14-15	15,05 Aa	14,44 Aa	12,15 Ba	12,15 Bab
EPM	0,39			

Médias na mesma linha seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

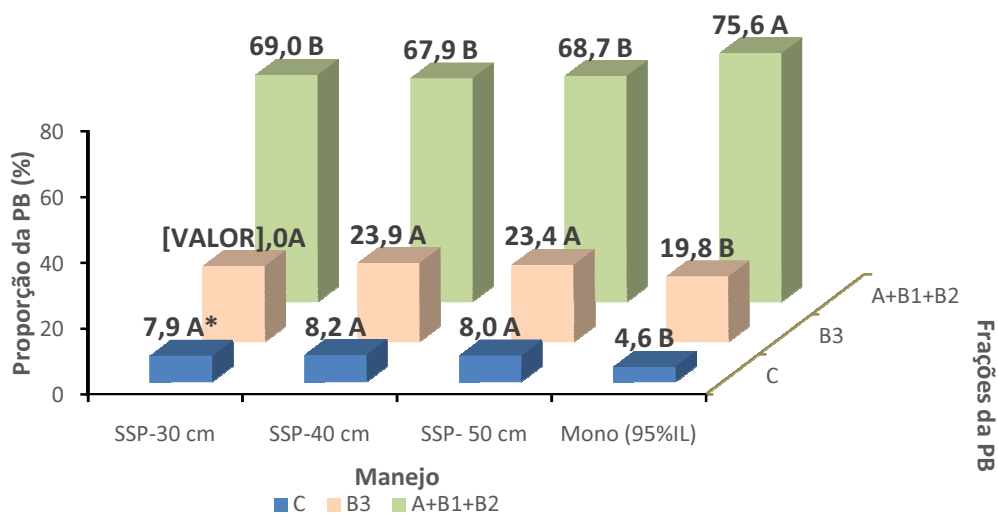
Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

*EPM (erro-padrão da média).

No período de outono-inverno, houve redução na concentração de proteína, sobretudo no sistema silvipastoril. O manejo com 50 cm apresentou os teores mais baixos, exceto no período primavera-verão 2014/15, quando não foram observadas diferenças entre os manejos.

Diferentemente do observado na massa de forragem, as concentrações proteicas no estrato pastejável foram maiores no sistema silvipastoril manejado com 30 e 40 cm em relação às do manejo com 50 cm e em pleno sol. Esse padrão de resposta se repetiu nos períodos de primavera-verão 2013/14/2014/15, enquanto no período seco (outono-inverno) somente o manejo com 50 cm apresentou valor estatisticamente menor que os dos demais.

As frações da proteína na massa de forragem não foram influenciadas pelos manejos e períodos. Porém, no estrato pastejável foi observado (Figura 17) efeito dos tratamentos nas frações proteicas. A fração C (insolúvel) foi cerca de 76% maior no sistema silvipastoril em relação à do monocultivo ($P = 0,0007$). Aumentos mais modestos foram observados na fração B3 ($P = 0,032$) e, conseqüentemente, reposta oposta ($P = 0,0001$) foi observada nas frações A+B1+B2.



*Médias seguidas de mesma letra em cada fração da PB não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Figura 17 – Fracionamento da proteína bruta (PB) no estrato pastejável em sistema silvipastoril (SSP) manejado com diferentes alturas e no monocultivo (Mono).

6.10. Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida e digestibilidade *in vitro* da MS

A fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) na massa de pré-pastejo foi influenciada pela interação ($P < 0,0001$) entre manejos e períodos de avaliação. A interação também foi observada ($P = 0,0196$) no estrato pastejável (Tabela 9).

Tabela 9 – Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) da massa de forragem e estrato pastejável no pré-pastejo de capim-braquiária, nas diferentes alturas em sistema silvipastoril e monocultivo com 95% IL, nos períodos da primavera-verão 2013/14 (Prim-Ver 2013/14), outono-inverno 2014 (Out-Inver 2014) e primavera-verão 2014/15 (Prim-Ver 2014/15)

Período	Altura pré-pastejo em silvipastoril (cm)			Monocultivo (95% IL)
	30	40	50	
Massa pré-pastejo				
Prim-Ver 2013/14	56,28 Bc	58,85 Bb	62,15 Ab	54,00 Cb
Out-Inver 2014	60,81 Bb	60,31 Bb	67,81 Aa	58,76 Ba
Prim-Ver 2014/15	63,82 Aa	65,25 Aa	66,61 Aa	57,96 Ba
EPM*	0.79			
Estrato pastejável				
Prim-Ver 2013/14	53,52 Bb	55,63 Ba	59,94 Aa	54,84 Ba
Out-Inver 2014	57,82 Aa	56,32 Aa	61,92 Aa	57,29 Aa
Prim-Ver 2014/15	57,48 Aa	56,84 Aa	59,44 Aa	57,76 Aa
EPM	0.92			

Médias na mesma linha seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Médias na mesma coluna seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

*EPM (erro-padrão da média).

A concentração da FDNcp na massa de pré-pastejo foi maior no sistema silvipastoril, exceto no período de outono-inverno, quando os manejos com 30 e 40 cm foram iguais em relação aos do monocultivo. Houve aumento na FDNcp no

período de primavera-verão 2014/15, sobretudo no sistema silvipastoril, com acréscimos médios de 12% em relação aos do monocultivo. Entretanto, a FDNcp no estrato pastejável no sistema silvipastoril não diferiu em relação ao monocultivo, exceto na primeira estação das águas (primavera-verão 2013/14), quando o manejo com 50 cm possibilitou incremento na fração fibrosa.

A digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) da massa de forragem e do estrato pastejável foi menor no período de outono-inverno ($P < 0,0001$), em relação aos períodos de primavera-verão. A DIVMS média das amostras de massa no pré-pastejo nesse período foi de 57,7%, enquanto nos períodos das águas a DIVMS média dos períodos de primavera-verão foi de 65,7% (Tabela 10), enquanto no estrato pastejável essa diferença foi menor, com DIVMS média de 66,3% no período seco (outono-inverno) e 69,3% nos períodos das águas (primavera-verão 2013/14 e 2014/15).

Tabela 10 – Digestibilidade *in vitro* da MS (DIMS) da massa e estrato pastejável no pré-pastejo de capim-braquiária, nos períodos da primavera-verão 2013/14 (Prim-Ver 2013/14), outono-inverno 2014 (Out-Inver 2014) e primavera-verão 2014/15 (Prim-Ver 2014/15)

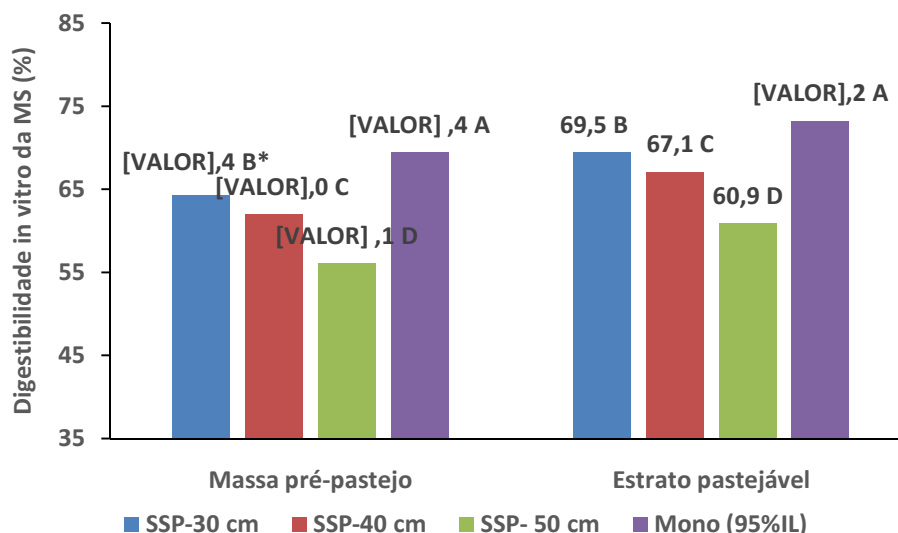
Amostra	Período			EPM*
	Prim-Ver 2013/14	Out-Inver 2014	Prim-Ver 2014/15	
Massa pré-pastejo	66,34 A	57,75 B	65,01 A	0,70
Estrato pastejável	69,84 A	66,33 B	68,74 A	0,65

Médias na mesma linha seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

*EPM (erro-padrão da média).

Na Figura 18 são apresentadas as médias da DIVMS da massa de forragem e do estrato pastejável em função dos manejos.

As DIVMS da massa de forragem e do estrato pastejável foram maiores nos pastos em monocultivo. Com relação ao manejo em sistema silvipastoril, a altura de 30 cm possibilitou maior digestibilidade da forragem, seguida da altura de 40 cm, que por sua vez foi maior que a do manejo com 50 cm de altura.



*Médias seguidas de mesma letra na amostra de massa pré-pastejo ou de estrato pastejável não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

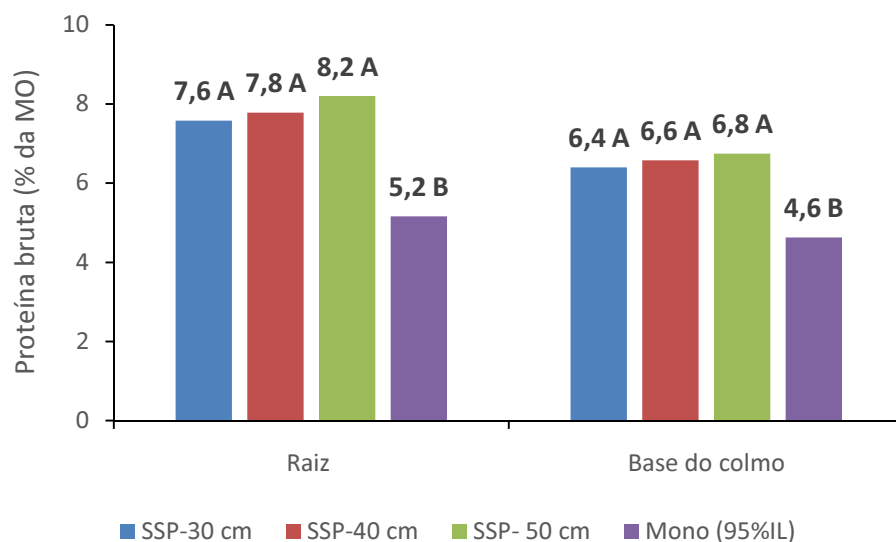
Figura 18 – Digestibilidade *in vitro* da MS da massa e do estrato pastejável no pré-pastejo em sistema silvipastoril (SSP), manejado nas diferentes alturas e no monocultivo (Mono).

6.11. Reservas orgânicas

A concentração de proteína bruta (PB) nas raízes foi influenciada pelas estações do ano ($P = 0,032$), enquanto na base do colmo não houve efeito ($P = 0,183$) das estações do ano. A PB nos períodos de outono e inverno foi, respectivamente, de 8,0 e 7,8%, sendo significativamente maior que o observado nos períodos de primavera e verão (6,3 e 6,6%) (Figura 19).

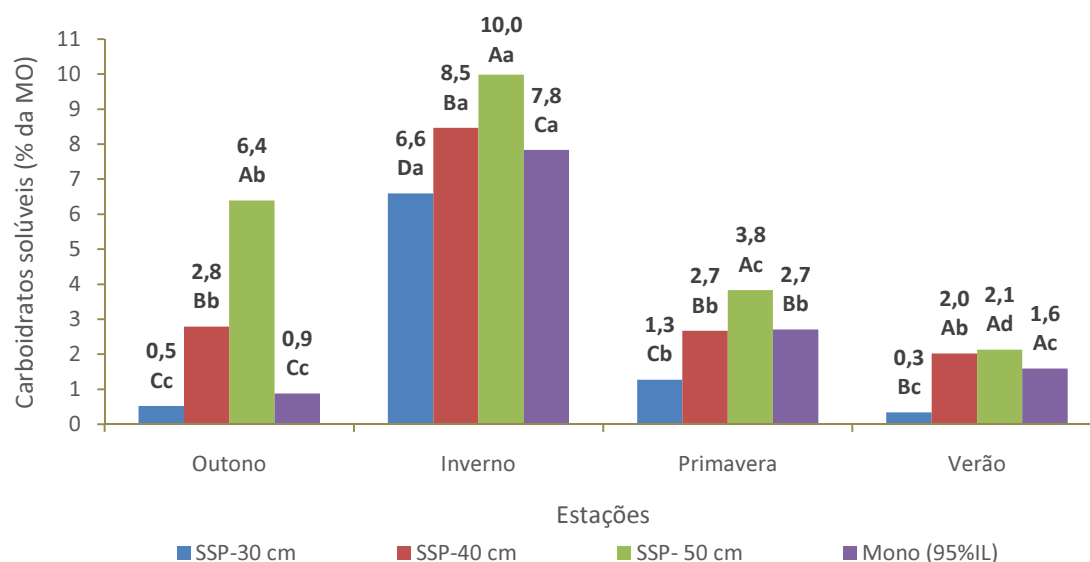
As alturas de manejo no sistema silvipastoril não influenciaram a PB nas raízes e na base do colmo, porém em monocultivo houve redução ($P < 0,0001$) da concentração de PB tanto na base do colmo quanto na raiz.

Os resultados dos carboidratos solúveis na base do colmo foram bastante inconsistentes, com EPM = 0,66 e média de 2,3% da MO, por isso não são apresentados. Entretanto, a concentração nas raízes foi mais precisa (EPM = 0,16), o que possibilitou detectar efeito significativo ($P < 0,0001$) da interação entre estação e manejo (Figura 20).



Médias seguidas de mesma letra na amostra de raiz ou base do colmo não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Figura 19 – Proteína bruta nas raízes e base do colmo do capim-braquiária em sistemas silvipastoris (SSP), em diferentes alturas e no monocultivo (Mono).



Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre os manejos na estação, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre as estações, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Figura 20 – Carboidratos solúveis nas raízes do capim-braquiária em sistemas silvipastoris (SSP) nas diferentes alturas e no monocultivo (Mono), nas estações do ano.

A concentração dos carboidratos solúveis foi maior na estação de inverno, intermediária nas estações de primavera e outono, enquanto no verão houve os menores valores (Figura 20).

Ademais, com aumento da altura de manejo no sistema silvipastoril houve incremento na porcentagem de carboidratos nas raízes. O manejo com 30 cm resultou em menor concentração de carboidratos solúveis em relação ao do monocultivo a partir do outono. O manejo com 40 cm possibilitou maior concentração em relação ao monocultivo nas estações de outono e inverno, tornando semelhante nas estações de primavera e verão. Além disso, maior concentração foi observada no manejo com 50 cm, exceto no período de verão, quando somente o manejo com 30 cm de altura foi menor que os demais.

7. DISCUSSÃO

7.1. Interceptação de luz

A interceptação de luz (IL) no sistema silvipastoril apresentou pequena variação entre os ciclos de pastejo dentro de uma mesma altura de manejo no sistema silvipastoril. Porém, houve tendência de modestos aumentos na interceptação, à medida que os ciclos de pastejo se sucedem. Essa alteração ao longo dos ciclos pode ser entendida como ajustamento da arquitetura do dossel em reposta ao manejo de desfolhação. Pedreira et al. (2007) observaram aumento do ângulo foliar de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés de 39° no primeiro ciclo para 43,4° no último. O aumento do ângulo foliar possibilita folhas mais eretas, que reduzirão o coeficiente de extinção de luz ao longo do dossel, proporcionando maior eficiência da interceptação de luz no dossel como um todo.

Padrão de resposta semelhante foi observado em monocultivo, porém como foi utilizado o critério de 95% IL, houve redução da altura do pasto nos ciclos iniciais e estabilização próxima do oitavo ciclo, com altura de 20 cm. Braga et al. (2009), avaliando a demografia de perfilhos da *Brachiaria decumbens* sob lotação intermitente, observaram que o dossel do pasto interceptava 95% da radiação fotossinteticamente ativa quando atingia 19 cm de altura, e essa condição é a mais adequada para desfolhação dessa forrageira. Além disso, fica evidente que pastos em sistema silvipastoril interceptam menos luz em uma mesma altura, uma vez que são dosséis menos densos. Por isso, foi necessário no sistema silvipastoril o dobro (40

cm) da altura observada em monocultivo para interceptar 95% IL. Resultados semelhantes foram observados por Machado (2012). A maior altura do relvado, correspondente a 95% IL, observada em sistema silvipastoril está associada à baixa densidade de perfilhos (Tabela 4), que conseqüentemente resultou em baixa capacidade de interceptar radiação pelo pasto. Assim, para o dossel interceptar os níveis de radiação em ambientes sombreados correspondentes aos do monocultivo, é necessário que ocorram incrementos nas taxas de alongamento de lâminas foliares e colmo, como foi observado por Machado (2012). O alongamento de colmos é resultado de um ambiente competitivo por luz, quando as plantas posicionam folhas na parte superior do pasto, proporcionando maiores alturas e maior probabilidade de interceptar radiação solar, como foi observado neste trabalho.

Trabalhos com plantas de clima tropical têm mostrado que a condição que a planta intercepta 95% de luz incidente apresenta alta correlação com a altura do dossel, sugerindo que essa variável possa ser um guia prático de manejo do pastejo das forrageiras em pleno sol (Da SILVA; NASCIMENTO JUNIOR, 2007). As associações também foram bastante precisas entre altura e interceptação em sistema silvipastoril neste trabalho, demonstrando até mais precisa que a relação em monocultivo (Figura 16). Nesse sentido, a utilização da altura do pasto baseada em metas de interceptação de luz poderá ser também estratégia viável em sistema silvipastoril, assim como observado nas pastagens em monocultivo.

Contudo, é importante observar o nível de sombreamento, que dependerá do arranjo, idade e densidade de árvores. Desse modo, as metas de altura de manejo do pastejo baseadas na interceptação de luz devem ser investigadas em condições de sombreamento moderado (30 a 50% de sombreamento), uma vez que níveis acima desse valor comprometem a produtividade da forrageira, fazendo que os possíveis ganhos com o ajuste na altura de manejo sejam inexpressivos.

7.2. Densidade populacional de perfilhos (DPP) e massa de perfilho

A forrageira em monocultivo apresentou maior DPP em relação ao sistema silvipastoril (Tabela 4). A redução do perfilhamento está relacionada 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; GUENNI et al., 2008; MARTUSCELLO et al., 2009; GOBBI et al., 2009). Gautier et al. (1999)

demonstraram que tanto a redução da relação vermelho:vermelho distante quanto a diminuição do fluxo de fóton fotossintético determinam importantes efeitos sobre o desenvolvimento das plantas, principalmente por diminuírem o perfilhamento das gramíneas.

A redução média do número de perfilhos nos períodos das águas (primavera-verão 2013/14 e 2014/15), nas alturas de pré-pastejo de 30 e 40 cm, foi de 30% em relação à DPP no monocultivo. Gobbi et al. (2009) observaram redução de 29% no número de perfilhos de *B. decumbens* quando submetidos a 50% de sombreamento artificial. Entretanto, no manejo com 50 cm houve redução de mais de 50% do perfilhamento, resultado de maior competição por luz entre os 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, estes se tornam mais pesados. Esse mecanismo foi constatado neste estudo ao se comparar o manejo com 50 cm de altura em relações aos demais manejos. Porém, o manejo com 30 cm proporcionou perfilhos mais leves, o que não refletiu em maior DPP em relação ao manejo com 40 cm. Esse fato evidencia a limitação desse mecanismo de compensação em sistema silvipastoril e é improvável que alturas de manejo muito baixas irão favorecer o perfilhamento, uma vez que a restrição de luz proporcionada pelo componente arbóreo é a grande moduladora do processo de perfilhamento.

A massa de perfilho foi maior no sistema silvipastoril em relação à do monocultivo, resultado do próprio manejo com maiores alturas. Além disso, segundo 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.

Com relação aos períodos de avaliação, eles afetaram, de forma expressiva, a massa de perfilho, seguida de redução moderada da DPP no segundo ano (2014/15) em relação à do primeiro (2013/14), no período das águas. Isso caracteriza a plasticidade da forrageira em se aclimatar ao manejo de desfolhação, ajustando a relação entre peso e número de perfilhos.

7.3. Massa e composição morfológica da forragem no pré-pastejo

A massa de forragem média na condição de pré-pastejo aumentou, de acordo com as alturas de manejo no sistema silvipastoril (Tabela 5). No período das águas (primavera-verão), houve significativo aumento da massa de forragem no segundo ano de avaliação (2014/15), sobretudo no sistema silvipastoril. Isso indica que, de fato, as plantas modificaram sua estrutura em resposta ao manejo do pastejo, aumentando sua massa através do incremento da massa de perfilho (Tabela 4).

Não houve diferença da massa de forragem no manejo com 40 cm, nos sistemas silvipastoril e de monocultivo. Porém, a massa em pré-pastejo no manejo com 40 cm foi composta por maior porcentagem de colmos e menor de lâminas foliares em relação às do monocultivo. O manejo com 30 cm possibilitou composição morfológica equivalente à do monocultivo manejado com 95% IL (20 cm) (Tabela 5).

Pastos com grande porcentagem de colmos possuem estrutura indesejável no processo de pastejo, além de reduções no valor nutritivo. Desse modo, o controle do desenvolvimento de colmos tem sido frequentemente estudado em condições de pleno sol (SANTOS, 1997; SANTOS, 2002; CÂNDIDO, 2003; CARNEVALLI et al., 2006), e parece existir consenso de que a frequência de pastejo, baseada na IL, seja estratégia efetiva no controle do desenvolvimento de colmos. Em relação ao sistema, a menor frequência (30 cm) também foi efetiva no controle da estrutura do pasto.

Conceitualmente, o critério de interrupção da rebrotação com 95% de IL foi baseado no índice de área foliar crítico, e a partir desse momento ocorrem incrementos na proporção de colmos e forragem senescente e a consequente redução na porcentagem de lâminas foliares (PARSONS; PENNING, 1988; CARNEVALLI et al., 2006; ZEFERINO, 2006; PEDREIRA et al., 2007). Esse padrão de composição morfológica não foi observado no sistema silvipastoril, quando manejado com 40 cm, ou seja, com 95% IL. Nessa condição, o pasto apresentou incrementos significativos da fração de pseudocolmo, indicando uma possível antecipação do índice de área foliar crítico em relação à interceptação de luz pelo dossel, com controle do crescimento de colmo com 90% de IL na altura, no pré-pastejo de 30 cm (Figura 16).

A porcentagem de forragem senescente foi menos alterada pelos manejos, havendo, entretanto, acréscimos no período seco (outono-inverno). Seria esperado

que os manejos mais altos (40 e 50 cm) apresentassem maior porcentagem de senescência, assim como observado por Carnevalli et al. (2006) e Pedreira et al. (2007) em *P. maximum* cv. Mombaça e *B. brizantha* cv. Xaraés, em monocultivo. No entanto, o próprio processo de pastejo ocasiona perdas por arranquio e, ou, pisoteio que contribuem para aumentar a senescência da forragem. Isso decorre da maior probabilidade de arranquio e, ou, pisoteio em pastos manejados com maior frequência de pastejo (menor altura), em que partes das plantas danificadas são incluídas como forragem senescente. Desse modo, é provável que o efeito da maturidade sobre a senescência tenha sido compensado pelo efeito do pastejo. Nesse sentido, os manejos mais frequentes (menor altura), embora evitassem o processo de senescência foliar, estavam mais sujeitos aos efeitos negativos dos processos de pastejo, uma vez que a frequência de pastejo foi maior nesse manejo. Adicionalmente, existem evidências de que o sombreamento retarde a maturação da planta (NEEL et al., 2016; SOARES et al., 2009).

Nas Figuras 21 e 22, observam-se as diferentes estruturas dos pastos com 95% de IL, em sistemas silvipastoril e de monocultivo.

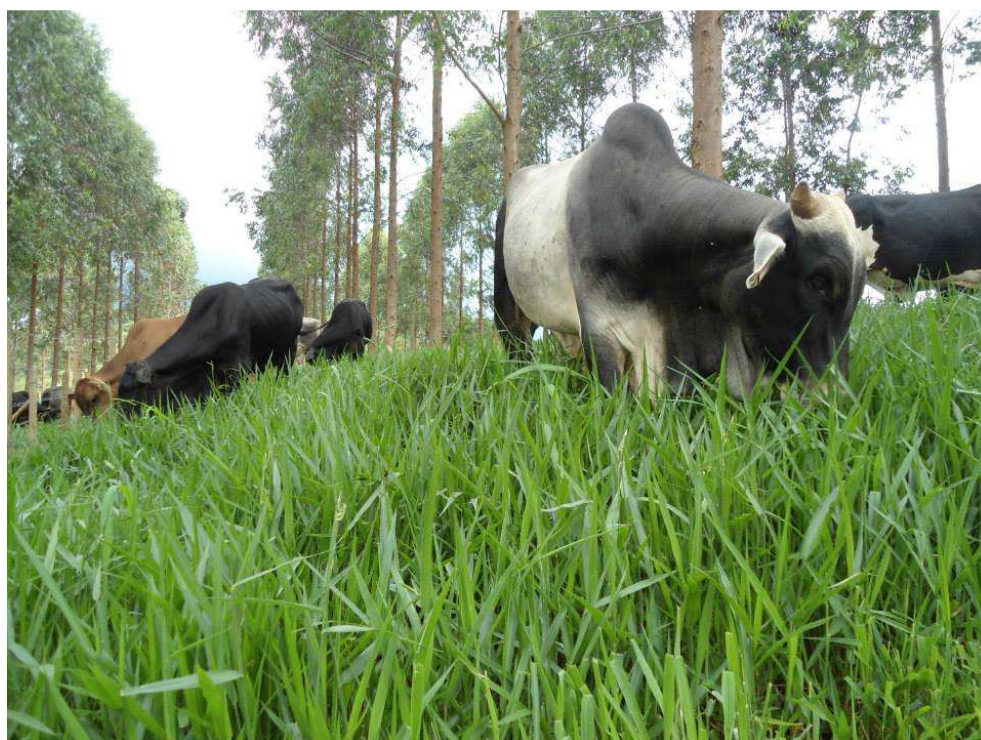


Figura 21 – Altura e morfologia do pasto em pré-pastejo manejado com 40 cm (95% de IL), em sistema silvipastoril.



Figura 22 – Altura e morfologia do pasto em pré-pastejo em monocultivo, manejado com 95 % de IL (20 cm).

7.4. Área foliar específica (AFE) e índice de área foliar (IAF) em pré e pós-pastejo

A área foliar específica (AFE) foi maior em sistema silvipastoril em relação à do monocultivo (Tabela 6). Resultados similares foram observados por Allard et al. (1991), Lin et al. (2001), Gobbi et al. (2011) e Paciullo et al. (2007). Em condições de sombra, as folhas tornam-se mais delgadas, apresentando maior área foliar por unidade de massa de folha. Geralmente, essas alterações têm por objetivo aumentar a captação da luz incidente, aumentando a eficiência fotossintética da planta (LAMBERS et al., 1998). Além disso, houve redução da AFE com 50 cm em relação aos manejos com 30 e 40 cm. Em condições de pleno sol, reduções da AFE com avanço do período de rebrotação também foram observadas por Lopes et al. (2012) em *B. decumbens* e por Oliveira et al. (2001) em *Cynodon* spp. (Tifton 85).

O aumento da área foliar específica possibilitou que, no manejo com 40 cm, obtivesse maior índice de área foliar em relação ao monocultivo, mesmo apresentando menor massa de folhas (Tabela 5 - massa pré-pastejo x % de lâmina

foliar). No entanto, não foi observado aumento do IAF com manejo de 50 cm, indicando que o IAF máximo foi atingido com o pasto manejado com 40 cm.

Os valores de IAF em monocultivo ficaram próximos aos encontrados por outros autores quando manejaram outras forrageiras com 95% de IL (IAF crítico). Brougham (1958) encontrou valores de IAF, para 95% de IL, de 5 e 3,5 para azevém-perene e trevo-branco, respectivamente. Humphreys (1991) relatou que em geral, nas pastagens, valores de IAF crítico situam-se normalmente entre 3 e 5. O menor IAF nos pastos com 30 cm em relação ao do monocultivo, associado ao não incremento de colmo, pode ser forte indício que em sistema silvipastoril o pasto atinge o IAF crítico com menor IAF e maior altura (Tabela 6), em decorrência da restrição de radiação provocada pelo componente arbóreo.

O monocultivo apresentou IAF residual (pós-pastejo) médio nos períodos das águas (primavera-verão 2013/14 e 2014/15) de 1,1, semelhante ao que foi observado com 30 cm em sistema silvipastoril (Tabela 6). Em condições de monocultivo, Galzerano et al. (2015) recomendaram IAF residuais entre 1,3 e 1,8 para o capim-xaraés. Enquanto para o capim-tanzânia, Cutrim et al. (2010) propuseram um manejo com IAF residual de 1,0, como forma de controlar a estrutura do pasto e permitir elevado eficiência de colheita da forragem. Neste estudo, os manejos com altura pré-pastejo de 40 e 50 cm proporcionaram área foliar residual média de 1,6, ou seja, maior que a do monocultivo. Certamente, esses manejos são mais conservadores, permitindo maior área foliar residual e, possivelmente, menor dependência das reservas orgânicas.

7.5. Taxa de acúmulo de matéria seca (MS), taxa de acúmulo de lâminas foliares e remoção de forragem

Em geral, as taxas de acúmulo de MS foram bastante expressivas para uma espécie considerada como menos produtiva e menos indicada para sistemas mais intensivos, como em lotação intermitente. Em condições de monocultivo, a taxa média de acúmulo observada nos períodos das águas foi de 81 kg ha⁻¹ dia. Taxas de acúmulo de MS de 87 kg ha⁻¹ dia foram observadas por Silveira et al. (2013) em capim-mulato, no período do verão adubado com 270 kg de N. Gimenes et al. (2011) encontraram taxa de acúmulo médio diário de 65 kg ha⁻¹ para *B. brizantha* cv. Marandu adubada com 200 kg de N, no período de primavera e verão. Nesse trabalho

de Gimenes e colaboradores, a produção de forragem permitiu taxa de lotação de 4,7 UA com ganhos de peso corporal próximos de 600 g animal⁻¹ dia. De fato, ao comparar com outros cultivares tidos como mais produtivos e indicados para o método Lotação Intermitente, fica evidente que a *B. decumbens* cv. Basilisk também pode ser utilizada em sistemas mais intensivos.

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 do grupo de metabolismo C4. Plantas desse grupo são responsivas à grande quantidade de radiação e, conseqüentemente, mais produtiva na condição de pleno sol. 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. Contudo, neste trabalho o manejo com 40 cm atenuou o efeito negativo da redução da radiação no sistema silvipastoril. Nesse manejo, a diferença da taxa de acúmulo de MS em relação ao monocultivo foi de 20% nos períodos das águas (primavera-verão). A diferença entre monocultivo e sistema silvipastoril foi mais acentuada no período seco (outono-inverno), indicando uma possível competição por água entre o componente arbóreo e a forrageira.

A maior taxa de acúmulo no manejo com 40 cm em relação ao manejo com 30 cm foi possível em decorrência do incremento na produção de colmo (Tabela 5). Esse incremento de colmo realmente é comprovado pela taxa de acúmulo de lâmina foliar, em que não foram observadas diferenças entre esses dois manejos (30 e 40 cm) em sistema silvipastoril. Portanto, há evidência de que o acréscimo de colmo já ocorra quando a planta intercepta 95% da IL em sistema silvipastoril, o que permite admitir a hipótese de que o índice de área foliar crítico ocorre no pasto com 30 cm (90% de IL).

Adicionalmente, vale ressaltar que o sombreamento teve maior efeito negativo na produção de folhas, com redução média de 39% em relação ao monocultivo. Ressalta-se ainda que em ambientes sombreados o crescimento de colmo é um mecanismo importante de ajustamento do posicionamento das folhas para otimizar a interceptação de luz.

O maior incremento de colmo na altura de pré-pastejo de 40 cm poderia justificar uma recomendação de manejo com altura no pré-pastejo de 30 cm, uma vez que o colmo é um componente complicador do processo de pastejo. No entanto, mesmo com maior proporção de colmo, o manejo com 40 cm possibilitou maior

remoção de forragem (Tabela 7). Segundo Gordon e Benvenuti (2006), o efeito da barreira imposta pelo colmo é resultado da interação entre a força necessária para a ruptura e a densidade dele no dossel. Nesse contexto, vale ressaltar que a massa em pré-pastejo foi semelhante entre o manejo com 40 cm e o monocultivo, porém a massa no sistema silvipastoril está distribuída em um volume muito maior, por ser manejado com 40 cm contra 20 cm em monocultivo ou, em outras palavras, a densidade volumétrica do pasto manejado com 40 cm é a metade da observada em monocultivo.

Outra observação importante que explica a maior remoção no manejo com 40 cm é o próprio incremento de colmo como instrumento para elevar o posicionamento das folhas na parte superior do dossel. Nesse sentido, o sistema silvipastoril é mais propenso à condição de superpastejo, uma vez que a probabilidade de remoção das folhas é maior em relação ao monocultivo.

Remoções de forragem muito baixas implicam elevadas massas de forragem residual (pós-pastejo), o que compromete a rebrotação e o perfilhamento, haja vista a redução do perfilhamento no manejo com 50 cm (Tabela 4). Os piores resultados foram observados nesse manejo, com baixos valores de acúmulo de MS e, sobretudo, lâminas foliares. Além disso, a remoção de forragem foi muito comprometida no segundo ano de avaliação, resultado de uma massa excessivamente grande no pré-pastejo, que acarretou comprometimento da estrutura do pasto e acamamento da forragem.

7.6. Proteína bruta (PB) e seu fracionamento

A concentração de proteína bruta no estrato pastejável foi maior no sistema silvipastoril em relação à do monocultivo, enquanto a proteína da massa pré-pastejo foi equivalente entre os sistemas. Os valores médios na massa pastejável nos períodos das águas (primavera-verão 2013/14 e 2014/15) foram de 15,4% de PB em sistema silvipastoril e 12,6% em monocultivo. Certamente, a amostra do estrato pastejável representa melhor a forragem efetivamente consumida e, por isso, tem maior importância do ponto de vista nutricional. Segundo Ulyatt, (1973), dietas com 12% de PB são suficientes para atender às exigências de bovinos de corte com altos desempenhos, enquanto forragem com PB inferior a 7% pode reduzir drasticamente o consumo (MILFORD; MINSON, 1966; MINSON; MILFORD, 1967).

Resultados de maior concentração proteica em sistema silvipastoril foram observados em diversos trabalhos (SAMARAKOON et al., 1990; KEPHART; BUXTON, 1993; PACIULLO et al., 2007). A diferença observada neste trabalho entre massa e estrato pastejável pode ser atribuída à maior proporção de folhas no estrato superior do dossel. Adicionalmente, as diferenças observadas decorrem da maior concentração de proteína nas folhas, o que explica a igualdade entre sistema silvipastoril e monocultivo na massa de forragem, uma vez que houve tendência de maior acúmulo de colmo no sistema silvipastoril. Paciullo et al. (2007), trabalhando com o mesmo cultivar, não observaram diferença na concentração de PB no colmo em sistema silvipastoril, porém a concentração na folha foi 29% maior no monocultivo.

Existem diversas hipóteses para o aumento do teor de nitrogênio nas folhas sombreadas. Para Wilson (1996) e Kephart e Buxton (1993), o aumento do teor de nitrogênio está associado à maior decomposição e mineralização da matéria do solo, em decorrência da maior umidade no solo. Essa explicação não é sustentada pelos resultados deste trabalho, já que não houve diferenças no período mais seco (outono-inverno), e tão pouco foi observada menor estacionalidade de produção no sistema silvipastoril. Outras explicações parecem mais adequadas como o aumento da clorofila (KRAMER; KOZLOWSKI, 1979) e, ou, o retardamento da maturidade fisiológica (NEEL et al., 2016; SOARES et al., 2009). A manutenção da forragem em estádios fisiológicos mais jovem pode ser causa da não variação da PB entre o manejo de 30 e 40 cm em sistema silvipastoril.

Com relação às frações da PB, houve aumento significativo da fração menos digestível (B3) e indigestível (C) na forragem dos sistemas silvipastoris em relação às do monocultivo. Reis et al. (2013) observaram em *B. brizantha* aumento da fração B3 com efeito do sombreamento artificial, enquanto a fração C não foi alterada pelo sombreamento. Malafaia et al. (1997) encontraram em quatro espécies forrageiras tropicais (*Cynodon* spp., *Pennisetum purpureum*, *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*) valores maiores em relação aos deste estudo para a fração C variando entre 11,7 e 27,7% de PB.

Vale salientar que, mesmo que a fração C tenha sido praticamente o dobro da observada em monocultivo, essa diferença representa apenas cerca de 0,5% na PB da forragem em sistema silvipastoril. Nesse sentido, mesmo a proteína sendo menos digestível em sistema silvipastoril, ainda é possível afirmar que a forragem possui

maior valor proteico em relação ao monocultivo, uma vez que a concentração de proteína na forragem potencialmente consumida pelo animal é quase três pontos percentuais maiores em sistema silvipastoril (Tabela 8).

7.7. Fibra insolúvel em detergente neutro (FDNcp) e digestibilidade *in vitro* da MS

Nos períodos de águas (primavera-verão 2013/14 e 2014/15) a FDNcp foi maior no sistema silvipastoril na massa de forragem em relação à do monocultivo, porém no estrato pastejável somente no primeiro ano o manejo com 50 cm possibilitou incremento na fração fibrosa. A altura de manejo no sistema silvipastoril, por sua vez, pouco alterou a FDNcp, exceto o manejo com 50 cm, que apresentou aumento da fração fibrosa, especialmente na massa de forragem. A maior porcentagem de colmos (Tabela 5) em sistema silvipastoril na massa de forragem em pré-pastejo certamente contribuiu para aumento da porcentagem de FDNcp.

Os resultados na literatura são bastante contraditórios, porém nos trabalhos de Lin et al. (2001), Buergler et al. (2006), Kallenbach et al. (2006) e Sousa et al. (2010) não foi observado efeito do sombreamento sobre a concentração de FDN, assim como foi verificada a forragem do estrato pastejável nesse trabalho, nos manejos com 30 e 40 cm de altura.

As concentrações de FDNcp podem ser consideradas baixas para uma gramínea tropical, sendo os valores de FDN próximos de 70% mais comumente observados (PACIULLO et al., 2007; CARVALHO et al., 2001; SANTOS et al., 2008). Segundo Van Soest (1965), o teor de FDN é o fator mais limitante do consumo de volumosos, e os valores dos constituintes da parede celular maiores que 55-60% na matéria seca correlacionaram-se, de forma negativa, com o consumo de forragem. Os resultados do estrato pastejável nos períodos das águas (primavera-verão 2013/14 e 2014/15) foram, em média, de 55,8% (manejados com 30 e 40 cm) e 56,3% de FDNcp, em monocultivo.

A digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) foi menor nos sistemas silvipastoris que no monocultivo, tanto na massa pré-pastejo quanto no estrato pastejável. Adicionalmente, as maiores alturas que resultaram em maior intervalo de pastejo também apresentaram menor digestibilidade da forragem, sendo maior a digestibilidade observada com manejo de 30 cm de altura pré-pastejo. Redução na

digestibilidade com avanço do período de rebrotação é consenso entre a maioria dos trabalhos e resultado do espessamento e lignificação da parede celular (WILSON, 1993).

Em geral, resultados na literatura a respeito do efeito do sombreamento sobre a DIVMS são bastante contraditórios. Paciullo et al. (2007) não observaram efeito do sombreamento na DIVMS da *B. decumbens*. Já Castro et al. (2009), trabalhando com a mesma forrageira, obteve respostas pouco precisas, ora aumentando, ora diminuindo a DIVMS nos diferentes ciclos de pastejo. Já Pezzoni et al. (2012) observaram que o sombreamento reduziu a DIVMS do capim-braquiária.

As diferenças observadas na DIVMS entre sistemas silvipastoris e monocultivo podem estar associadas à menor digestibilidade da fibra, uma vez que o teor de FDNcp foi semelhante no estrato pastejável. Wilkson e Beard (1975) relataram que plantas submetidas ao sombreamento apresentam maior desenvolvimento dos tecidos vasculares e de sustentação nas folhas, este último composto principalmente de lignina. De fato, outros autores também relataram maior concentração de lignina nas forrageiras sombreadas (SAMARAKOON, 1990; BELSKY, 1992; MOREIRA et al., 2009). Outro fato que pode contribuir para a redução da digestibilidade é o aumento da proteína indigestível (fração C), porém não explica toda a redução da DIVMS observada em sistema silvipastoril. Vale ressaltar que a diminuição da digestibilidade pode reduzir o consumo de forragem devido à menor taxa de passagem (MERTENS, 2010), todavia a alteração do microclima no sistema silvipastoril pode gerar condições mais favoráveis para conforto térmico dos animais em condições tropicais e estimular o consumo, conforme observado por Sousa et al. (2015).

Em geral, o estrato pastejável dos sistemas silvipastoris quando manejados com 30 e 40 cm proporcionaria dieta de bom valor nutritivo e semelhante à forragem produzida em condições de pleno sol, com modestas reduções na DIVMS e maiores teores de PB. Além disso, é razoável admitir que comparações do valor nutritivo entre sistema silvipastoril e monocultivo em pastos manejados com a mesma altura ou frequência de desfolhação são inconsistentes e pouco contribuem para o entendimento dos efeitos do sombreamento sobre o valor nutritivo.

7.8. Reservas orgânicas

A concentração de proteína na base do colmo e nas raízes foram maiores nos sistemas silvipastoris em relação à do monocultivo. Esse padrão de resposta também foi observado nas lâminas foliares, porém as diferenças entre sistema silvipastoril e monocultivo foram maiores nas estruturas de reservas (raiz e base de colmo). Em adição, nas estações de outono e inverno a concentração proteica foi maior em relação às das estações primavera e verão. O mecanismo que possibilita maior concentração de proteína nas estruturas de reserva em sistema silvipastoril provavelmente seja diferente do observado em nível de folha, uma vez que a magnitude e a interação com os fatores ambientais ocorrem de maneira distinta entre as estruturas.

O manejo de desfolhação não alterou as reservas nitrogenadas da planta. Todavia, a concentração de carboidratos solúveis nas raízes foi influenciada tanto pelo manejo do pastejo quanto pelas estações do ano. Maior concentração foi observada no inverno, seguida das estações outono e primavera, e menor concentração foi observada no período de verão. Em condições de baixa taxa de crescimento, a força drenada gerada para a expansão e formação de novos tecidos é reduzida, permitindo que fotoassimilados sejam estocados em estruturas de reserva. Contudo, nas estações com maiores temperaturas e precipitações ocorre decréscimo das reservas de carboidratos, pois aumenta a demanda energética para suportar altas taxas de crescimento da gramínea. Resultados semelhantes também são reportados por outros autores (PEDREIRA, 2009; LUPINACCI, 2002; CARVALHO et al., 2001), em que as reservas de carboidratos foram mais consumidas no período mais propício ao crescimento da planta. Nesse sentido, Soares Filho et al. (2013) observaram em *Panicum maximum* decréscimo na concentração de carboidratos na raiz e no colmo, em doses de nitrogênio acima de 150 kg ha⁻¹, comprovando que os fatores estimulantes do crescimento consomem parte das reservas.

O manejo com 30 cm de altura no pré-pastejo resultou em menor concentração de carboidratos solúveis na raiz, exceto na primeira avaliação (outono), quando a concentração em monocultivo foi similar ao encontrado nesse manejo. Existiu relação muito próxima entre índice de área foliar e concentração de carboidratos solúveis. O índice de área foliar dos pastos manejados com 30 cm foi igual (IAF pós) ou menor (IAF pré) em relação aos pastos em monocultivo (Tabela 6), mesmo com

frequências menores de desfolhação (Tabela 3) e maior altura de dossel. Esperava-se, portanto, que, ao avaliar a concentração de carboidratos solúveis de forrageiras em monocultivo e sistema silvipastoril submetidas à mesma frequência de pastejo, menores concentrações sejam observadas em sistema silvipastoril. Isso realmente foi observado por Johnson et al. (1994), que relataram redução de 60% nos teores de carboidratos totais não estruturais em forrageira submetida ao sombreamento. Nesse ambiente, a planta necessita de maior tempo para recompor suas reservas, pois a baixa incidência de luz diminui as taxas fotossintéticas e, por consequência, a produção de fotoassimilados. Desse modo, parece haver interdependência maior em sistema silvipastoril entre área foliar e carboidratos solúveis. Assim, torna-se evidente que utilizar alturas de manejo baseadas em condição de monocultivo é um critério equivocado de manejo do pastejo para sistemas silvipastoris e que, nesses sistemas, deve-se buscar manejar a forrageira com índice de área foliar máximo ou teto. Contudo, frequências demasiadamente baixas resultarão em baixa produção e redução do valor nutritivo da forragem.

Em adição, o critério de índice de área foliar máximo ou teto ou, mesmo, 95% de IL pode ser uma inferência para o manejo do pastejo de outros cultivares em sistemas silvipastoris. Porém, em forrageiras de maior porte com crescimento cespitoso, o incremento de colmo observado com 95% de IL pode comprometer a estrutura do pasto e o consumo de forragem.

Vale ressaltar que os possíveis benefícios da flexibilização da frequência em sistemas silvipastoris só serão efetivos caso seja mantido nível moderado de sombreamento. Nesse sentido, o manejo das árvores (arranjo espacial, desrama e desbaste) ao longo de todo o ciclo de crescimento do componente arbóreo deverá ser planejado, de forma a proporcionar níveis moderados de sombreamento.

8. CONCLUSÕES

O manejo do pastejo de *B. decumbens* 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.

O pasto de *B. decumbens* em sistema silvipastoril manejado com 40 cm de altura pré-pastejo possui valor nutritivo semelhante ao pasto manejado com 20 cm, em monocultivo.

9. REFERÊNCIAS

- 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.
- ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. C. M.; GONTIJO NETO, M. M. In: TUFFI, Leonardo David et al. (Org.). **Integração lavoura-pecuária-floresta: potencialidades e técnicas de produção**. Montes Claros, MG: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.
- 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. 1594-1600, 2006.
- BARUCH, Z.; GUENNI, O. Irradiance and defoliation effects in three species of the forage grass *Brachiaria*. **Tropical Grasslands**, v. 41, p. 269-276, 2007.
- 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.
- BODDEY, R. M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R. M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O. C.; REZENDE, C. P.; CANTARUTTI, R. B.; PEREIRA, J. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, p. 389-403, 2004.
- BOSI, C.; PEZZOPANE, J. R. M.; SENTELHAS, P. C. 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 affected by grazing management. **South African Journal of Animal Science**, v. 39, p. 130-132, 2009.

BRASIL – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo Agropecuário de 1995-1996**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 Jun. 2014.

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.

CANDIDO, M. J. D. **Morfofisiologia e crescimento do dossel e desempenho animal em *Panicum maximum* cv., Mombaça sob lotação intermitente com três períodos de descanso**. 2003. 166 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

CARNEVALLI, R. A. **Dinâmica da rebrotação da pastagem de capim-Mombaça submetidos a regime de desfolhação intermitente**. 2003. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2003.

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, M. M. Contribuição dos sistemas silvipastoris para a sustentabilidade da atividade leiteira. In: SIMPÓSIO SOBRE SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE A PASTO E EM CONFINAMENTO, 1, 2001, Juiz de Fora, MG. **Anais...** Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2001. p. 85-108.

CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; FRANCO, E. T. Comportamento de gramíneas forrageiras tropicais em associação com árvores. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., 1998, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa-CPATU, 1998. p. 195-196.

CARVALHO, M. M.; PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T. et al. Experiências com SSP's no Bioma Mata Atlântica na Região Sudeste. In: FERNANDES, E. N.; PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T. et al. (Ed.). **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2007. p. 105-136.

CASTRO, C. R. T. de; PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. de M.; MULLER, M.; NASCIMENTO JUNIOR, E. R. do. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo da *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 60, p. 19-25, 2010.

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

COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; PEREIRA, R. G. de A. Desempenho agronômico de gramíneas forrageiras sob sombreamento de seringal adulto. **Pasturas Tropicais**, Cali, v. 21, n. 2, p. 65-68, 1999.

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.

DA SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Suprema, 2006. p. 1-42.

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

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.

DEREGIBUS, V. A.; SANCHEZ, R. A.; CASAL, J. J. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. **Plant Physiologist**, v. 72, p. 90-92, 1983.

DIAS-FILHO, M. B. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 2335-2341, 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. 1001-1008, 2009.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

EUCLIDES, V. P. B.; MEDEIROS, S. R. Suplementação animal em pastagens e seu impacto na utilização de pastagem, In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22., 2005, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: FEALQ, 2005. p. 33-70.

FONSECA, L.; MEZZALIRA, J.C.; 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.

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.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A. F.; PEREIRA, O. G.; VENTRELLA, M. C.; ROCHA, G. C. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 1645-1654, 2009.

GOMIDE, C. A. M. **Características morfofisiológicas associadas ao manejo do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.)**. 2001. 107 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. Características estruturais e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a períodos de descanso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p.1487-1494, 2007.

GUENNI, O.; SEITER, S.; FIGUEROA, R. Growth responses of three *Brachiaria* species to light intensity and nitrogen supply. **Tropical Grasslands**, v. 42, p. 75-87, 2008.

HODGSON, J. Nomenclature and definitions in grazing studies. **Grass and Forage Science**, v. 34, p. 11-18, 1979.

KEPHART, K. D.; BUXTON, D. R.; TAYLOR, S. E. Growth of C3 and C4 perennial grasses in reduced irradiance. **Crop Science**, Madison, v. 32, p. 1033-1038, 1992.

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, 1996. p. 3-36.

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, 1999. p. 165-186.

LI-COR. **Plant canopy analyzer: LAI-2000** – Operating manual. Lincoln, 1992.

LIN, C. H.; MCGRAW, M. L.; GEORGE, M. F.; GARRET, H. E. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, v. 53, p. 269-281, 2001.

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, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 2012.

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

LUDLOW, M. M.; WILSON, G. L. Photosynthesis of tropical pasture plants. I. Luminance, carbon dioxide concentration, leaf temperature, and leaf-air vapour pressure difference. **Australian Journal of Biological Science**, v. 24, p. 449-470, 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.** 2002. 160 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2002.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável, In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. p. 56-84, 2005.

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

MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M. M.; LAURA, V. A.; CUNHA, D. de N. F. V. da. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 1183-1190, 2009.

MATTHEW, C.; LEMAIRE, G.; HAMILTON, N. R. S. 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, A. C. L.; PEDREIRA, C. G. S. Respostas morfológicas do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq, cv. Tanzânia-1) irrigado à intensidade de desfolha sob lotação rotacionada, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 282-289, 2004.

MULLER, M. D.; NOGUEIRA, G. S.; CASTRO, C. R. T. et al. Economic analysis of in agrosilvipastoral system for a mountainous área in Zona da Mata Mineira, Brazil, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n.10, p.1148-1153, 2011.

NEEL, J. P. S.; FELTON, E. E. P.; SINGH, S.; SEXTON, A. J.; BELESKY, D. P. Open pasture, silvopasture and sward herbage maturity effects on nutritive value and fermentation characteristics of cool-season pasture. **Grass and Forage Science**, v. 71, p. 185-195, 2016.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of SOMOGY method for the determination of glucose. **Journal Biological Chemistry**, v. 153, p. 375-380, 1944.

OLIVEIRA, M. A. O.; PEREIRA, O. G.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M.; GARCIA, R.; CECO, P. R. Análise de crescimento do capim-bermuta 'Tifton 85' (*Cynodon* spp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1930-1938, 2000.

ON GROWTH, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. Trichoglume). **Journal of Agriculture Science**, Netherlands, v. 44, p. 111-124, 1996.

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.; CASTRO, C. R. T.; GOMIDE, C. A. M. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Science**, v. 141, p. 166-172, 2011a.

PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; TAVELA, R. C.; ROSSIELLO, R. O. P. Crescimento do pasto de capim-braquiária influenciado pelo nível de sombreamento e pela a estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 317-323, 2008.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. 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, n. 4, p. 573-579, 2007.

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; PASSOS, L. P. Partición de biomassa em *Brachiaria decumbens* em resposta a laradiacion incidente em um sistema silvopastoril. In: CONGRESO FORESTAL DE CUBA, 5., 2011, Havana. **Anais...** Havana: Instituto de Investigaciones Forestais, 2011. p. 5.

PAC, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; MULLER, M. D.; PIRES, M. F. A.; CASTRO, C. R. T. Potencial de produção e utilização de forragem em sistemas silvipastoris. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA INTEGRADA, 1., 2014, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Embrapa, 2014. p. 51-77.

PAES LEME, T. M.; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S. et al. Comportamento de vacas mestiças holandês x zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 668-675, 2005.

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, 14-27, 1988.

PARSONS, A. J.; JOHNSON, I. R.; HARVEY, A. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. **Grass and Forage Science**, v. 43, p. 49-59, 1988.

PEARSON, H. A.; WHITAKER, L. B. Returns from southern forest grazing. **Journal of Range Management**, v. 26, n. 2, p. 85-87, 1973.

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

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, 2001. p. 772-807.

PEZZONI, T.; VITORINO, A. C. T.; DANIEL, O.; LEMPP, B. Influência de *Pterodon emarginatus* Vogel sobre atributos físicos e químicos do solo e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* Stapf em sistema silvipastoril. **Cerne**, v. 18, p. 293-301, 2012.

PINTO, L. F. M. **Dinâmica do acúmulo de matéria seca em pastagens de *Cynodon spp.*** . 2000. 124 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2000.

PORFÍRIO-DA-SILVA, W. Ecologia e manejo em sistema silvipastoril, In: FERNANDES, E. N.; PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T. et al. (Ed.). **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades.** Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2007. p. 51-68.

POWER, I. L.; THORRO, L. D.; BALKS, M. S. Soil properties and nitrogen availability in silvopastoral plantings in *Acacia melanoxylon* in North Island, New Zealand. **Agroforestry Systems**, v. 57, p. 225-237, 2003.

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae: their use and abuse. **Crop Science**, v. 7, n. 3, p. 171-175, 1967.

REIS, G. L.; LANA, A. M. Q.; EMERENCIANO NETO, J. V.; LEMOS FILHO, J. P.; BORGES, I.; LONGO, R. M. Produção e composição bromatológica do capim-marandu, sob diferentes percentuais de sombreamento e doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 1606-1615, 2013.

RODRIGUES, L. R. de A.; RODRIGUES, T. de J. D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: **Ecofisiologia da Produção Agrícola**, 1987. p. 203-230.

SANTOS, M. V.; MOTA, V. A.; TUFFI SANTOS, L. D.; OLIVEIRA, N. J. F.; GERASEEV, L. C.; DUARTE, E. R. **Sistemas Agroflorestais**: potencialidades para produção de forrageiras no norte de Minas Gerais. In: GERASEEV, L. C.; OLIVEIRA, N. J. F.; CARNEIRO, A. C. B.; DUARTE, E. R. (Ed.). **Recomendações técnicas para vencer o desafio nutricional no período da seca**. Montes Claros, MG: UFMG-ICA, 2008. p. 99-109.

SANTOS, M. V.; OLIVEIRA, F. L. R.; TUFFI SANTOS, L. D. In: TUFFI, Leonardo David et al. (Org.). **Integração lavoura-pecuária-floresta**: potencialidades e técnicas de produção. Montes Claros, MG: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

SANTOS, P. M. Controle do desenvolvimento das hastes no capim Tanzânia: um desafio.: 2002. 98 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2002.

SANTOS, P. M. **Estudos de características de *Panicum maximum* (Jacq.) cvs. Tanzânia e Mombaça para estabelecer seu manejo**. 1997. 62 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior da Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 1997.

SAS Institute. **User`s guide**: statistics, version 9.1. Cary: SAS Institute, 2002.

SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: MATTOS, W. R. S.; FARIA, V. P.; DA SILVA, S. C.; NUSSIO, L. G.; MOURA, J. C. (Ed.). REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: SBZ, 2001. p. 731-754.

SCHOENEBERGER, M. M. Agroforestry: working trees for sequestering carbon on agricultural lands. **Agroforestry Systems**, v. 75, p. 27-37, 2009.

SHELTON, H. M.; HUMPHREYS, L. R.; BATELLO, C. Pastures in the plantations of Asia and the Pacific: performance and prospect. **Tropical Grasslands**, v. 21, p. 159-168, 1987.

SHELTON, H. M.; HUMPHREYS, L. R.; BATELLO, C. Pastures in the plantations of Asia and the Pacific: performance and prospect. **Tropical Grasslands**, v. 21, p. 159-168, 1987.

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

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

SOMOGY, M. Note on sugar determination. **Journal Biological Chemistry**, v. 95, p. 19-23, 1952.

SOUSA, L. F.; MAURÍCIO, R. M.; MOREIRA, G. R.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; PEREIRA, L. G. R. Nutritional evaluation of 'Braquiaraço' grass in association with 'Aroeira' trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v. 79, p. 179-189, 2010.

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., 2013, Porto Velho. **Anais...** Brasília: Embrapa Gado de Leite, 2013.

TOWNSEND, C. R.; SANTOS, L. O.; SOUZA, J. P. et al. Características morfológicas e estruturais de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã submetida ao sombreamento. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DO LEITE, 12., 2013, Porto Velho. **Anais...** Brasília: Embrapa Gado de Leite, 2013.

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.

WELLES, J. M. Some indirect methods of estimating canopy structure. **Remote Sensing Reviews**, v. 5, n. 1, p. 31-43, 1990.

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

WILHELM, W. W.; RUWE, K.; SCHLEMMER, M. R. Comparison of three leaf area index meters in a corn canopy. **Crop Science**, v. 40, n. 4, p. 1179-1183, 2000.

XAVIER, D. F.; CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J. et al. Melhoramento da fertilidade do solo em pastagens de *Brachiaria decumbens* associada com leguminosas arbóreas. **Pasturas Tropicais**, v. 25, p. 23-26, 2002.

YAMAMOTO, W.; DEWI, I. A.; IBRAHIM, M. E. Effects of silvopastoral áreas on milk production at dual-purpose cattle farms at the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua. **Agricultural Systems**, v. 94, p. 368-375, 2007.

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.