

POTENCIAL DE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGEM EM SISTEMAS SILVIPASTORIS

Domingos Sávio Campos Paciullo¹
Carlos Augusto de Miranda Gomide¹
Marcelo Dias Müller¹
Maria de Fátima Ávila Pires¹
Carlos Renato Tavares de Castro¹

Introdução

O Brasil possui condições privilegiadas para a produção animal a pasto, tendo em vista alguns fatores, tais como alto potencial de produção e grande diversidade de espécies forrageiras, extensa área territorial com possibilidade de uso para agropecuária e clima relativamente favorável em boa parte do ano, na maioria das regiões do país. Apesar do progressivo aumento dos níveis de produtividade de sistemas de produção de bovinos, em algumas regiões do país, nota-se, ainda hoje, baixa eficiência produtiva de animais em regime de pastejo. Diferentes fatores concorrem para este panorama, entre eles a degradação das pastagens, resultado de práticas de manejo inadequadas, o baixo potencial genético dos animais e o baixo nível de adoção de tecnologias comprovadamente eficazes, as quais poderiam elevar os índices de produtividade dos sistemas pecuários.

Outro aspecto que tem ganhado relevância atualmente é o relativo ao impacto ambiental das atividades agropecuárias. A pecuária brasileira, em especial, vem sendo criticada por emitir quantidades significativas de gases de efeito estufa, sendo o metano entérico produzido pelos ruminantes um dos principais. O metano produzido em sistemas de produção de bovinos origina-se,

¹Embrapa Gado de Leite – Rua Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora, MG. CEP: 36038-330. E-mail: domingos@cnppl.embrapa.br

principalmente, da fermentação entérica (85 a 90%), sendo o restante produzido a partir dos dejetos destes animais.

Dentre as alternativas de produção agropecuária sustentável se destacam os sistemas silvipastoris. Esse tipo de exploração se refere ao cultivo associado de árvores e pastagens, além de animais, em uma mesma unidade de manejo, na qual deve haver tanto interações ecológicas como econômicas. Alguns benefícios têm sido atribuídos ao uso desses sistemas, entre eles a possibilidade de aumento da fertilidade e conservação do solo, melhoria do conforto térmico para os animais, aumento da qualidade da forragem, diversificação e aumento de renda e ganho por serviços ambientais, como sequestro de carbono atmosférico (Power et al., 2003; Paes Leme et al., 2005; Schoeneberger, 2009; Müller et al., 2011; Paciullo et al., 2014).

Nesse artigo são discutidos aspectos relacionados aos efeitos do sombreamento no componente pasto, assim como suas implicações para o manejo da pastagem. São abordadas questões associadas ao potencial de produção e à qualidade da forragem, em sistemas silvipastoris, e implicações no desempenho animal.

Respostas das forrageiras ao sombreamento

A presença do componente arbóreo nos sistemas silvipastoris pode influir de maneira diferente no desenvolvimento do estrato vegetal herbáceo. O crescimento das forrageiras em associação com espécies arbóreas pode ser prejudicado ou favorecido, dependendo de fatores como a tolerância das espécies à sombra, o grau de sombreamento proporcionado pelas árvores e a competição entre as plantas, com relação à água e nutrientes no solo (Ribaski et al., 2001). Em geral as forrageiras que apresentam algum grau de tolerância ao sombreamento apresentam alterações morfofisiológicas, quando cultivadas à sombra, que lhes confere maior capacidade de produção, quando comparado às espécies não-tolerantes em ambiente de luminosidade reduzida.

Respostas fisiológicas

Aumentos da área foliar específica com a diminuição da luminosidade têm sido observados para gramíneas de clima temperado (Kephart et al., 1992) e tropical (Paciullo et al., 2007). Da mesma forma, plantas submetidas ao sombreamento apresentam

maiores teores de clorofila total que aquelas cultivadas em condições de sol pleno (Dias-Filho, 2002).

Dias-Filho (2002) examinou as respostas fotossintéticas de *B. brizantha* e *B. humidicola*, cultivadas em condições de luz plena e sombreamento. Para ambas as espécies, as plantas submetidas ao sombreamento apresentaram menor ponto de compensação de luz do que plantas expostas ao sol pleno, o que foi resultado das menores taxas de respiração no escuro por unidade de área foliar. Segundo os autores, baixa respiração no escuro e baixo ponto de compensação de luz são atributos de plantas tolerantes à sombra. O baixo ponto de compensação de luz é benéfico para que as plantas mantenham o balanço de carbono positivo sob condições de luminosidade reduzida. Para espécie de gramínea C_3 (*Stipa speciosa*), Fernández et al. (2002) também constataram balanço de carbono positivo em condições de sombreamento moderado.

Outro resultado que demonstra ajustes nos processos fisiológicos, em função da redução da radiação incidente foram apresentados por Paciullo et al. (2011b). Esses autores avaliaram as biomassas de parte aérea, raízes e total, além das relações entre a biomassa do pasto e a RFA incidente em relavado de *B. decumbens*, submetido a três ambientes em termos de radiação. É interessante observar que as relações biomassa/RFA incidente foram maiores nos ambientes com menores RFA (Tabela 1). Para a parte aérea, essa relação foi 71% maior sob sombreamento intenso, quando comparado ao sol pleno. Para a biomassa total, o valor na sombra intensa foi 43% maior do que a sol pleno. Embora não tenham sido avaliadas as taxas fotossintéticas e respiratórias das plantas neste estudo, seus resultados sugerem uma maior eficiência de uso da radiação em condições de sombra, o que pode se constituir em mais um mecanismo de plasticidade da gramínea quando submetida ao sombreamento. De fato, Guenni et al. (2008) verificaram maior eficiência do uso da radiação em gramíneas sombreadas, especialmente quando cultivadas em solos originalmente deficientes em N. Nesta situação, o sombreamento estimula o aumento da concentração de N na planta, contribuindo para aumentar a assimilação de carbono e, conseqüentemente, a eficiência de uso da radiação (Wilson & Ludlow 1991; Cruz, 1997).

Tabela 1 – Radiação fotossinteticamente ativa (RFA), massas de parte aérea e raiz de *B. decumbens* (kg/ha) e relações massa/RFA, conforme a intensidade da RFA.

Características	RFA incidente no sub-bosque de <i>B. decumbens</i> (%)		
	100	79	45
RFA ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	1.389	1.111	623
Massa de parte aérea	2.306	2.591	1.778
Massa de raiz	3.071	1.963	1.684
Massa total	5.377	4.554	3.462
Massa/RFA			
Parte aérea	1,66	2,33	2,85
Raiz	2,21	1,77	2,70
Total	3,87	4,09	5,55

Fonte: Adaptado de Paciullo et al. (2011b).

Respostas morfogênicas

Estudos com gramíneas tropicais indicaram que a intensificação do sombreamento resultou em lâminas foliares e colmos mais longos (Castro et al., 1999; Fernández et al., 2002; Lopes et al., 2011; Paciullo et al., 2011d). Esses resultados decorrem das maiores taxas de alongamento de folhas e colmos quando as plantas são submetidas à luminosidade reduzida, conforme observado para gramíneas dos gêneros *Brachiaria* (Dias-Filho, 2000; Paciullo et al., 2011d; Lopes et al., 2011) e *Panicum* (Castro et al., 2009) cultivadas em condições de sombreamento. Em geral, a taxa de aparecimento de folhas não é influenciada pelo sombreamento (Paciullo et al., 2008; 2010), ou apresenta apenas aumento de pequena magnitude (Lopes et al., 2011), provavelmente pelo papel central que desempenha na morfogênese das plantas, fato que contribui para que essa seja a última característica modificada pela planta em condições adversas de crescimento (Nabinger & Pontes, 2001). O número de folhas por perfilho também não tem se modificado com o sombreamento, o que está relacionado ao pequeno ou ausente efeito da sombra na taxa de aparecimento e tempo de vida da folha (Fernández et al., 2002; Paciullo et al., 2008; Lopes et al., 2011).

Repostas no perfilhamento e na alocação de biomassa

Um componente importante da produção de forragem em pastagens, fortemente influenciado pelos níveis de radiação, é o perfilhamento. Em geral, tem sido constatada redução da taxa de perfilhamento de gramíneas quando submetidas ao sombreamento (Fernandéz et al., 2002; Paciullo et al., 2007). Para manter o desenvolvimento do perfilho, em condições de sombreamento, a planta prioriza o crescimento dos perfilhos existentes, em detrimento da produção de novos perfilhos. A importância da intensidade da sombra sobre este fator foi demonstrada por Paciullo et al. (2007), em pastagem de *B. decumbens*, cuja densidade populacional de perfilhos por m² aumentou de 253 para 447 quando a intensidade de luz se elevou, respectivamente, de 35 para 65%, em relação à condição de sol pleno. Outro estudo demonstrou redução entre 20 e 32% na densidade de perfilhos, com o sombreamento, para várias espécies do gênero *Brachiaria* cultivadas sob sol pleno e diferentes percentagens de sombra (Paciullo et al., 2011d).

Outra modificação decorrente do sombreamento é a redução da produção de raízes, resultante da mudança no padrão de alocação de fotoassimilados pelas plantas cultivadas em ambiente de reduzida luminosidade (Dias-Filho, 2000; Guenni et al., 2008; Paciullo et al., 2010). Como consequência desse fenômeno, tem-se maior relação parte aérea/raiz em plantas cultivadas em ambientes sombreados. Em pastagem de *B. decumbens* calculou-se que a redução da biomassa aérea sob a maior percentagem de sombra (60% de sombra em relação à radiação plena) foi de 29,7% em relação ao cultivo sob menor sombreamento (16% da radiação plena), enquanto a redução relativa na biomassa de raízes, causada pelo sombreamento, foi de 70,5% (Paciullo et al., 2010). A diminuição mais acentuada da massa de raízes em relação à parte aérea refletiu-se numa maior relação parte aérea/raízes das plantas sob maiores percentagens de sombra, em relação àquelas crescendo sob menor efeito da sombra das árvores. Dias-Filho (2000) enfatiza que a marcada redução na biomassa de raízes pode resultar em maior vulnerabilidade do pasto aos estresses ambientais que exijam forte interferência do sistema radicular para o processo de rebrotação. Estudos mais detalhados são necessários, principalmente sobre as interações do sombreamento com a intensidade e a frequência de pastejo e o regime de fertilização do pasto.

Produção de forragem

O crescimento e a produção das forrageiras em associação com espécies arbóreas podem ser prejudicados ou favorecidos, dependendo da magnitude das repostas das plantas à sombra.

Também é importante considerar que o grau de sombreamento proporcionado pelas árvores influencia no potencial produtivo do pasto. Neste sentido, a intensidade de sombreamento imposto pelo componente arbóreo pode variar bastante dependendo da idade, espaçamento e arranjo das árvores na área. Sombreamentos variando entre 20 e 40% da radiação fotossinteticamente ativa têm sido considerados moderados, enquanto sombreamentos acima destas percentagens podem ser considerados acentuados. Normalmente, níveis de sombra acima de 40-50% da luz solar plena têm sido prejudiciais ao crescimento e produção de forragem em sistemas agrossilvipastoris ou silvipastoris (Castro et al., 1999; Andrade et al., 2004; Paciullo et al., 2007). Por outro lado, em condições de sombreamento moderado, é possível obter produções de forragem semelhantes àquelas observadas no sol pleno. Por exemplo, sob sombreamento intenso (65% de sombreamento em relação à condição de sol pleno), a *B. decumbens* apresentou baixo nível de produtividade. A diminuição do sombreamento de 65 para 35% resultou em aumentos da ordem de 65% para a massa de forragem (Paciullo et al., 2007), evidenciando a tolerância dessa espécie ao sombreamento moderado. Castro et al. (1999) também observaram redução de 50% no rendimento forrageiro dessa espécie quando cultivada com 60% de sombreamento artificial. A espécie *Brachiaria brizantha* cv. Marandu também apresentou diminuição de 60% na taxa de acúmulo de MS quando cultivada sob 70% sombreamento artificial (Andrade et al., 2004).

Aspectos do manejo da pastagem

Considerações sobre a fertilização

A redução na disponibilidade de nutrientes do solo é uma das principais causas de degradação das pastagens em várias regiões do Brasil e em outras áreas tropicais da América do Sul (Boddey et al., 2004). O decréscimo da disponibilidade de nitrogênio (N) no solo sob pastagem é atribuído, em parte, à sua imobilização por microorganismos durante o processo de decomposição dos resíduos vegetais com alta relação carbono/nitrogênio (C/N) (Myers &

Robbins, 1991; Monteiro et al., 2002). Em condições de alta relação C/N, a biomassa microbiana do solo passa a competir com as plantas pelo N mineral disponível no solo, imobilizando-o, temporariamente, sob forma orgânica. A deficiência de N está relacionada também com o declínio dos teores de matéria orgânica, com as perdas por volatilização e lixiviação e com a exportação via produto animal.

A presença do componente arbóreo em ecossistemas de pastagens pode interferir de forma diferente nas características do solo, o que indica necessidade específica de manejo da fertilidade para cada tipo de sistema.

Em sistemas silvipastoris cujo componente arbóreo é constituído exclusivamente por leguminosas com capacidade de fixação de N atmosférico têm sido verificados aumentos nos teores de vários nutrientes no solo, assim como da matéria orgânica (Alvim et al., 2004; Paciullo et al., 2011c). As respostas positivas têm sido observadas, especialmente, em pastos estabelecidos em solos de baixa fertilidade natural (Wilson, 1998; Carvalho et al., 2001; Guenni et al., 2008). Neste tipo de sistema, aumentos nos teores de vários nutrientes do solo, em decorrência da presença de leguminosas arbóreas, podem estimular o crescimento da gramínea no sub-bosque e aumentar a produção de MS (Alvim et al., 2004; Castro et al., 2009). Uma explicação para melhoria da fertilidade de solo sob a copa de leguminosas está relacionada à velocidade do processo de decomposição dos resíduos vegetais. A presença de leguminosas fixadoras de N, com baixa relação C/N, favorece a maior atividade dos microrganismos e acelera o processo de decomposição e mineralização dos principais nutrientes do ecossistema (Wilson, 1996). Os efeitos esperados, particularmente em solos naturalmente pobres em nutrientes, são obtidos em longo prazo, pois dependem do crescimento das árvores e dos processos de decomposição da serapilheira das árvores. Um exemplo do benefício de leguminosas arbóreas para a gramínea *B. decumbens* submetida a manejo extensivo foi apresentado nos trabalhos de Castro et al. (2009) e Paciullo et al. (2011c). O sistema silvipastoril foi implantado no início da década de 1990, com objetivo verificar o efeito de leguminosas arbóreas nas características de pastagens degradadas em áreas montanhosas da região Sudeste (Carvalho et al., 2001). Os dados obtidos após 13 anos de implantação do sistema silvipastoril, indicaram aumentos significativos nos teores de vários nutrientes do

solo, com reflexos positivos na massa de forragem e no conteúdo de N do pasto, à medida que se aumentou a percentagem de cobertura arbórea na pastagem (Tabela 2). Esses resultados evidenciam que a inclusão do componente arbóreo, constituído por leguminosas, pode contribuir para recuperação e persistência de pastagens de *B. decumbens* em áreas montanhosas, onde, normalmente, é adotado manejo extensivo.

A associação de leguminosas arbóreas com árvores do gênero *Eucalyptus* pode ser opção interessante para diversificação do sistema. O eucalipto poderá ser fonte de renda para o produtor pela produção e possibilidade de comercialização da madeira, enquanto as leguminosas contribuem para a melhoria das condições de solo, além de proporcionarem outros benefícios para o sistema. Balieiro (1999) verificou que a meia vida da serrapilheira de um sistema silvipastoril exclusivo de eucalipto foi de 18 meses, enquanto que de um sistema consorciado de eucalipto com leguminosa *Pseudosamanea guachapele*, que possui baixa relação C/N, foi de 13 meses, possibilitando maior taxa de reciclagem de nutrientes na pastagem. Xavier (2009) estimou os fluxos de N em pastagens de *B. decumbens* em monocultivo ou em sistema silvipastoril, constituído por eucalipto e as leguminosas *A. mangium* e *M. artemisiana*. Enquanto o sistema silvipastoril apresentou balanço positivo de N total de 35 kg/ha/ano, devido à fixação biológica das leguminosas, na pastagem em monocultivo o balanço foi de -12 kg/ha/ano. Em função da maior ciclagem de N via liteira proveniente das árvores, no sistema silvipastoril, a autora concluiu que esse tipo de arranjo é alternativa viável para recuperar áreas em processo de degradação.

Tabela 2. Características do solo e do pasto de *B. decumbens*, após 13 anos de manejo sob três condições de cobertura por leguminosas arbóreas.

Característica	Cobertura por leguminosas arbóreas (%)		
	0	20	30
Solo			
K (mg/dm ³)	30,6	35,0	47,6
P (mg/dm ³)	1,87	2,90	5,20
MO (%)	1,70	2,10	2,53
CTC efetiva (cmol _c /dm ³)	1,25	1,45	1,86
CTC potencial (cmol _c /dm ³)	5,60	6,87	7,53
Pasto			
Massa de forragem (kg/ha)	1.595	2.051	3.139
Conteúdo de N no pasto (kg/ha)	22,6	30,9	51,4

Fonte: Adaptado de Castro et al. (2009) e Paciullo et al. (2011c).

Apesar dos modelos anteriormente citados serem potencialmente viáveis para produção animal em regime de pastejo com baixo uso de insumos, especialmente fertilizantes, reconhece-se que, para sistemas intensivos de produção, dificilmente o produtor poderá se abster do uso de fertilizantes, principalmente se considerarmos as condições de baixa fertilidade de solo, comuns em várias regiões do Brasil. Outro ponto importante se refere à espécie forrageira. O uso de gramíneas forrageiras mais produtivas, e também mais exigentes em termos de fertilidade do solo, como algumas cultivares de *B. brizantha* e *P. maximum*, demandam reposição de nutrientes ao solo em maiores quantidades.

Andrade et al. (2001) verificaram aumento na produção de MS do capim Tanzânia no sub-bosque de eucalipto quando foi usada adubação nitrogenada, mas a reposição com potássio e fósforo não foi efetiva para o aumento da produção, em comparação à condição não adubada (Figura 2). Mesmo o maior valor de taxa de acúmulo (25,8 kg/ha.dia de MS) esteve abaixo do potencial produtivo da gramínea. Os autores mostram taxas de acúmulo obtidas por outros autores com capim-Tanzânia, adubado com N e cultivado a céu aberto, variando entre 82,3 e 97,6 kg/ha.dia. As diferenças em taxas de acumulação de MS foram atribuídas, em grande parte, à menor

quantidade de luz disponível para o crescimento da gramínea, devido ao sombreamento imposto pelo eucalipto.

Um estudo com *B. brizantha* cv. Marandu em sistema silvipastoril com eucalipto revelou aumentos na massa de forragem e na produção animal, na medida em que se estarem aquém das taxas de lotações normalmente obtidas em condições aumentou a dose de N de zero até 150 kg/ha/ano (Bernardino et al., 2011). Neste caso, as taxas de lotação também aumentaram com a fertilização, apesar dos valores entre 1,26 e 1,67 UA/ha, obtidos com a maior dose, ainda de sol pleno, com o uso de fertilização. Ainda assim, a adubação nitrogenada se mostrou necessária para intensificar a produção animal no sub-bosque de eucalipto.

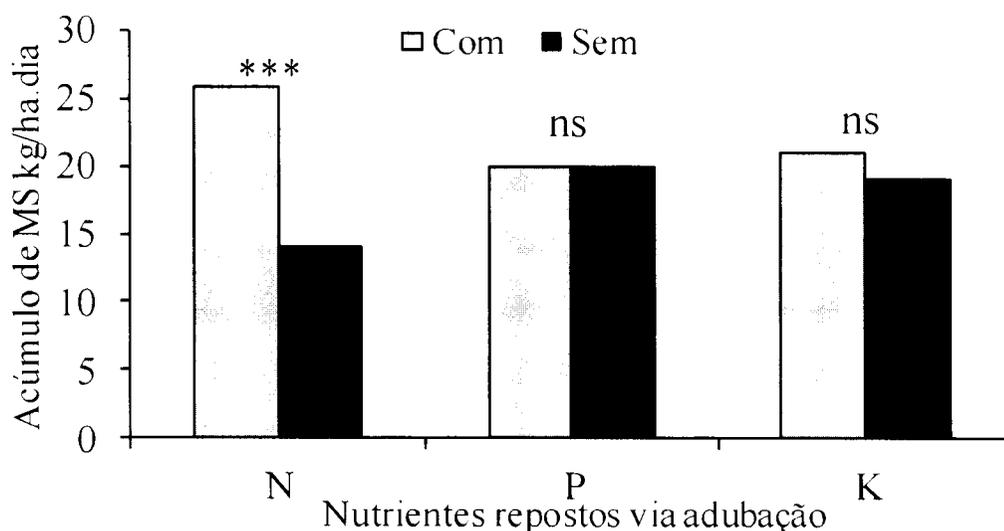


Figura 1. Efeito da adubação com N, P e K sobre a taxa de acumulação de MS do capim-tanzânia, em um sistema agrossilvipastoril.

*** Significativo ($P < 0,01$); ns: Não significativo. (Dados do primeiro corte). **Fonte:** Adaptada de Andrade et al. (2001).

Pandey et al. (2011) relataram respostas positivas de três gramíneas forrageiras (*P. maximum*, *P. purpureum* e *B. mutica*) ao fertilizante nitrogenado aplicado até a dose de 120 kg/ha/ano de N. Entretanto, foi constatado que a eficiência de resposta ao N aplicado foi inversamente proporcional à percentagem de sombreamento imposta ao pasto. Para *B. decumbens* também foi verificada maior resposta à adubação (90 kg/ha de N e K_2O por ano) em condições de radiação plena, quando comparada às condições de sombra (Paciullo et al.,

2012). Na ausência de adubação, a taxa de acúmulo nas condições de sol pleno e sombreamento moderado foram semelhantes, mas, quando se efetuou a fertilização, o acúmulo obtido no sol pleno foi maior que aquele em sombra moderada (Tabela 3). No sombreamento intenso (redução de 70% da RFA plena) não houve resposta ao adubo em termos de acúmulo de forragem. Concluiu-se que a intensidade de resposta da gramínea ao fertilizante depende do grau de sombreamento no sistema silvipastoril.

Os resultados apresentados evidenciam que o uso de fertilizantes na busca pelo aumento de produtividade do componente pecuário, em sistemas silvipastoris, embora seja importante, deve ser analisado com reservas, em função da interferência do sombreamento nas respostas das gramíneas. Os benefícios podem ser alcançados com uso de doses moderadas, desde que o sombreamento também seja apenas moderado. Na maioria dos casos, sombreamento acima de 50% da RFA reduz acentuadamente a resposta do pasto ao adubo aplicado (Eriksen & Whitney, 1981; Guenni et al., 2008; Pandey et al., 2011), tornando a prática da adubação questionável nesses casos.

Tabela 3. Taxa de acúmulo de MS de forragem (kg/ha.dia) de *B. decumbens*, conforme o nível de sombreamento e uso de fertilização.

Sombreamento (%)	Fertilização	
	Com	Sem
0	54,4 Aa	36,1 Ba
20	37,7 Ab	31,8 Aa
70	15,7 Ac	19,6 Ab

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste t de student, a 5% de probabilidade.

Fonte: Adaptado de Paciullo et al. (2012).

Considerações sobre o manejo do pastejo

Ainda não há definições claras a respeito do manejo do pastejo em sistemas silvipastoris. Conhecimentos sobre questões importantes como, intervalo de desfolha e intensidade de pastejo mais adequados ainda não foram gerados e devem merecer especial atenção por parte dos pesquisadores.

Dos critérios disponíveis para orientação do intervalo de desfolha, no método de lotação rotativa, nenhum possui estudo

detalhado que permita seu uso com segurança, como ocorre frequentemente em pastagens a sol pleno. Sabe-se que os métodos de manejo do pastejo evoluíram sobremaneira nos últimos anos, na medida em que conhecimentos sobre aspectos morfofisiológicos avançaram e passaram a fazer parte dos protocolos de avaliações de pesquisas na área de manejo de pastagens. Pesquisas sobre o momento de interrupção do período de rebrotação do pasto, assim como da altura residual, em relvados de gramíneas em monocultivo têm contribuído para o aumento da eficiência do uso do pasto, conforme resultados apresentados por Gomide (2001), Carnevalli (2003), Da Silva & Nascimento Jr. (2007), entre outros.

O critério do número de dias para definição do intervalo de desfolha tem sido contestado, embora seja o mais fácil do ponto de vista prático. Em função das condições de crescimento do pasto, relacionadas às práticas de manejo e ao clima, o período fixo em dias pode ser muito longo ou muito curto, acarretando no pasto comprometimento da estrutura da vegetação ou de sua persistência. Se considerarmos o sombreamento em sistemas silvipastoris, como fator que influencia no crescimento do pasto, o problema pode se agravar, tendo em vista as interações que poderão ocorrer entre o sombreamento e os outros fatores de crescimento. Portanto, esse é um critério questionável também para o manejo de pastagens em sistemas silvipastoris.

O critério do número de folhas vivas por perfilho, proposto por alguns autores (Fulkerson & Slack, 1995; Candido et al., 2005), poderia se revestir de importância para orientação do manejo de pastagens em sistemas silvipastoris. À luz dos conhecimentos sobre morfogênese e estrutura de pastos sombreados, podem-se fazer as inferências descritas a seguir. Os resultados mostram que a taxa de aparecimento de folhas e sua vida útil, praticamente não se alteram com o sombreamento, desde que em nível moderado (Paciullo et al., 2008; Lopes et al., 2011). Esse fato resulta em relvados com número mais ou menos constante de folhas vivas, independentemente do fato da gramínea forrageira estar ou não em sistema silvipastoril. Com as taxas de alongamento de colmo estimuladas pela diminuição da RFA, no sub-bosque, tem-se que relvados sombreados alcançam maiores alturas que aqueles a sol pleno, mantendo o mesmo número de folhas vivas por perfilho. A elevação da altura sustentada por colmos mais finos pode acarretar tombamento das plantas e redução

da eficiência de pastejo, o que pode comprometer o uso de tal critério.

O critério de interceptação da radiação incidente se constitui em um dos principais avanços para manejo do pastejo de gramíneas tropicais nos últimos anos (Da Silva & Nascimento Jr., 2007). A utilização do pasto, no momento em que o relvado intercepta 95% da luz incidente, tem trazido benefícios em termos de eficiência do pastejo, além de se constituir em critério plausível de ser usado pelos manejadores do pasto, quando se associa esse momento com uma altura, que em última instância seria a meta balizadora do manejo. Em ambientes sombreados uma questão deve ser considerada: a menor densidade populacional de perfilhos. Neste caso, muitos relvados cultivados à sombra, poderão não alcançar o nível de interceptação de 95% da radiação incidente, mesmo com períodos longos de rebrotação. Uma alternativa seria a avaliação de percentuais de interceptação menores que 95%, mesmo reconhecendo-se que esse seria o ideal para a maioria das gramíneas manejadas em monocultivo. O uso das alturas já pré-definidas para forrageiras cultivadas a sol pleno, não parece ser o ideal para relvados mantidos à sombra, tendo em vista as modificações morfofisiológicas, resultantes do sombreamento, discutidas em tópicos anteriores deste trabalho.

As considerações feitas acima remetem para a necessidade de estudos em ambientes sombreados, que estabeleçam critérios eficientes para o manejo do pastejo em ambientes silvipastoris. Neste sentido, será de suma importância, o uso dos protocolos de avaliação de forrageiras desenvolvidos e aplicados nos últimos anos para o manejo de pastagens em monocultivo.

Escolha da espécie forrageira: tolerância à sombra e nível tecnológico do sistema

A escolha de forrageiras tolerantes ou medianamente tolerantes ao sombreamento é condição essencial em associações de pastagens com árvores. A pesquisa sobre tolerância de forrageiras ao sombreamento tem avançado a partir de estudos realizados com diversas espécies de gramíneas e leguminosas forrageiras em várias partes do mundo (Smith & Whiteman, 1983; Wong et al., 1985; Andrade et al., 2003; 2004; Soares et al., 2009; Paciullo et al.,

2011d), o que tem permitido orientação segura para escolha da espécie mais adequada para compor sistemas silvipastoris.

Dentre as espécies de gramíneas que possuem tolerância mediana ao sombreamento estão algumas das forrageiras mais utilizadas para formação de pastagem no Brasil e em outras regiões tropicais e subtropicais, como *Brachiaria spp.* e *Panicum maximum* (Tabela 4). Gramíneas tais como *B. decumbens* cv. Basilisk, *B. brizantha* cvs. Marandu, Xaraés e Piatã, *B. ruziziensis*, *P. maximum* cvs. Tanzânia, Massai e Vencedor apresentaram relativa tolerância ao sombreamento moderado, sendo potencialmente adequadas para sistemas silvipastoris (Castro et al., 1999; Carvalho et al., 2002; Andrade et al., 2004; Paciullo et al., 2007; Guenni et al., 2008; Soares et al., 2009; Silva et al., 2010; Paciullo et al., 2011d).

Informações disponíveis sobre a tolerância à sombra do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) sugerem que essa gramínea apresenta tolerância entre média e baixa (Eriksen e Whitney, 1981; Pandey et al., 2011), refletindo, talvez, diferenças entre variedades. O capim-gordura é considerado pouco tolerante ao sombreamento, conforme conclusões de Garcia et al. (1994). A tolerância de leguminosas forrageiras ao sombreamento também varia entre espécies. Dentre as medianamente tolerantes encontram-se o *Calopogonium mucunoides*, a *Centrosema pubenses* e a *Pueraria phaseoloides*. O estilosantes (*Stylosanthes guianensis*) e o siratro (*Macropitlium atropurpureum*) foram considerados como de baixa tolerância ao sombreamento (Wong, 1991; Andrade et al., 2003). O amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) teve bom desempenho em condições de sombra, sendo considerado por Andrade et al. (2004) como tolerante ao sombreamento.

Tabela 4. Gramíneas forrageiras tropicais tolerantes ao sombreamento moderado.

Espécie/cultivar	Referência
Gênero <i>Brachiaria</i>	
<i>B. decumbens</i>	Schreiner (1987), Andrade et al. (2003), Paciullo et al., (2007; 2011d), Guenni et al. (2008), Gobbi et al. (2009)
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	Dias-Filho (2000), Andrade et al. (2003), Soares et al. (2009), Paciullo et al. (2011d)
<i>B. brizantha</i> cv. Xaraes	Martuscello et al. (2009), Paciullo et al. (2011d)
<i>B. brizantha</i> cv. Piatã	Santos et al. (2012)
<i>B. humidicola</i>	Smith & Whiteman (1983), Dias-Filho (2000)
<i>B. ruziziensis</i>	Paciullo et al. (2011d)
Gênero <i>Panicum</i>	
<i>P. maximum</i> cv. Vencedor	Castro et al. (1999)
<i>P. maximum</i> cv. Tanzânia	Carvalho et al. (2002), Castro et al. (2009)
<i>P. maximum</i> cv. Massai	Andrade et al. (2004), Silva et al. (2010)
Outros gêneros	
<i>Hemarthria altissima</i>	Schreiner (1987)
<i>Paspalum notatum</i>	Schreiner (1987), Andrade et al. (2004)

Outro aspecto importante para orientar na escolha da espécie forrageira para sistemas de produção é a adequação da espécie ao nível tecnológico pretendido para o manejo do sistema. As informações da Tabela 5, adaptadas de Cantarutti et al. (2005), resumem a adaptabilidade de gramíneas forrageiras a sistemas de alto nível tecnológico ou intensivo, médio e baixo ou extensivo, conforme as características da forrageira, tais como produtividade, valor nutritivo e requerimento nutricional. Os sistemas de alto nível tecnológico apresentam pastejo de lotação rotacionada, uso de fertilizante e calcário em doses maiores, além da irrigação. Nestes sistemas, são esperadas maiores taxas de lotação, as quais podem variar entre 4 e 7 UA/ha, quando o pasto é o principal alimento da dieta dos animais, podendo alcançar maiores taxas de lotação, quando os animais são alimentados com suplementos volumosos ou concentrados no cocho. Os sistemas de baixo nível tecnológico caracterizam-se pelo manejo com taxas de lotação normalmente menores que 1 UA/ha/ano, enquanto os sistemas de nível médio comportam intensidade de pastejo e taxas de lotação, intermediárias (Cantarutti et al., 2005).

Tabela 5. Gramíneas forrageiras adaptadas a diferentes sistemas de produção de diferentes níveis tecnológicos ou intensidade de utilização.

Nível tecnológico	Espécies de gramínea forrageiras
Alto ou intensivo	<i>Pennisetum purpureum</i> , <i>Cynodon spp.</i> , <i>Panicum maximum</i> <i>Brachiaria brizantha</i>
Médio	<i>P. maximum</i> , <i>B. brizantha</i> , <i>B. decumbens</i> , <i>Setaria sphacelata</i> , <i>Andropogon gayanus</i>
Baixo ou extensivo	<i>B. decumbens</i> , <i>B. humidicola</i> , <i>A. gayanus</i> , <i>Hyparrhenia rufa</i> , <i>Melinis minutiflora</i> <i>Paspalum notatum</i>

Fonte: Adaptado de Cantarutti et al. (2005)

As gramíneas adaptadas ao alto nível tecnológico são mais exigentes quanto à fertilidade de solo e a outros fatores de crescimento, embora algumas se adequem também ao nível intermediário, como a *B. brizantha* e o *P. maximum*. O uso de sistemas intensivos, os quais requerem, na maioria das vezes, altas doses de adubação nitrogenada, deve ser analisado com reservas

quando a pastagem é arborizada. Neste caso, haverá algum grau de redução de luz para o pasto, dependendo da espécie arbórea, idade das árvores, espaçamento, entre outros. Quando há alguma limitação nutricional, o sombreamento moderado deixa de ser o fator limitante ao crescimento vegetal. Em outras palavras, a resposta produtiva do pasto sob sombreamento moderado pode ser semelhante àquela do pleno sol. Entretanto, o alcance de alta produtividade de forragem, em solos fertilizados com doses elevadas de adubos, pode ser comprometido pela limitação de RFA disponível para o pasto, em sistemas silvipastoris. Logicamente, a limitação será maior, quanto mais intenso for o sombreamento. Mediante estas considerações, o uso de sistemas de nível tecnológico intermediário pode ser boa opção, especialmente porque as espécies *B. brizantha* e o *P. maximum* são também moderadamente tolerantes ao sombreamento (Tabela 4), permitindo que o pasto acumule forragem em níveis compatíveis com taxas de lotação intermediárias (2 a 3 UA/ha).

Os sistemas extensivos de produção animal também podem ser boa alternativa para sistemas silvipastoris, especialmente quando implantados em condições de solos mais pobres em fertilidade, topografia montanhosa e sem uso de fertilização. Dados obtidos em pastagens de *B. decumbens* implantadas em sistemas silvipastoris, demonstram o potencial desses sistemas para produção animal, seja na fase de recria de novilhas (Paciullo et al., 2011a) ou na fase de produção de leite (Paciullo et al., 2014). No estudo com novilhas leiteiras foram obtidos ganhos médios de peso corporal de 600 g/novilha/dia e, naquele com vacas mestiças, produções médias de leite de 10,5 kg/vaca/dia, ambos com animais mantidos exclusivamente a pasto. As taxas de lotação variaram entre 1,3 e 1,8 UA/ha. Esses valores são marcadamente maiores do que aqueles observados em pastagens da região sudeste, e mesmo de outras regiões.

Valor nutritivo da forragem

A sombra, geralmente, favorece o aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo e estimula o crescimento das plantas e, conseqüentemente, induz aumentos na concentração de nitrogênio das gramíneas (Samarakoon et al. 1990; Kephart e Buxton, 1993; Ribaski & Montoya, 2000).

Em pastagens de *B. decumbens* sombreadas ou não com leguminosas arbóreas, os teores de proteína bruta foram influenciados pelas condições de luminosidade. Nas lâminas foliares o teor de proteína bruta (PB) foi 29% maior na sombra do que no sol (Paciullo et al., 2007). A sombra possibilita maior retenção de água no solo, cujo efeito positivo sobre a atividade microbiana, resulta em maior decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nitrogênio (Wilson, 1998).

Sobre os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) os resultados, embora contraditórios, indicam uma tendência de redução dos teores de FDN e aumento da DIVMS em condições de sombra (Carvalho, 2001). Kephart e Buxton (1993) verificaram que, impondo 63% de sombra a cinco espécies de gramíneas forrageiras perenes, o conteúdo da parede celular decresceu em apenas 3% e o teor de lignina em 4%, fatores que contribuíram para um aumento da digestibilidade em 5%. À sombra, as gramíneas apresentam um ligeiro aumento da digestibilidade (1 a 3%), em virtude de sua menor concentração de parede celular. Entretanto, um aumento do teor de lignina foi reportado nas gramíneas cultivadas à sombra, em relação àquelas mantidas em pleno sol (Samarakoon et al., 1990).

Efeito significativo da condição de luminosidade foi observado sobre o teor de FDN da *B. decumbens*, o qual foi maior a pleno sol do que sob as copas das árvores (Paciullo et al., 2007). Resultado semelhante foi encontrado para as espécies *B. brizantha* e *Panicum maximum*, cultivadas em diferentes níveis de sombreamento (Denium et al., 1996). De acordo com os autores, a maior concentração de FDN, a pleno sol, é consequência da maior disponibilidade de fotoassimilados, do que resulta aumento na quantidade de tecido esclerenquimático, com maior número de células e paredes celulares mais espessas.

A literatura mostra que o efeito do sombreamento na DIVMS é variável com a espécie, nível de sombreamento e condições climáticas, principalmente temperatura e umidade. Quatro anos após a introdução de nove espécies de leguminosas arbóreas em uma pastagem já formada de *B. decumbens*, foi observado que durante a estação seca ou em período de menores precipitações, em áreas de pastagem sob a influência da sombra, a *B. decumbens* apresentava melhor qualidade do que a forragem produzida nas áreas fora da

influência das árvores (Carvalho et al., 1999). O teor de PB da forragem foi maior em regime de sombreamento do que a pleno sol, em ambas as estações. Durante a estação chuvosa, as condições de sombreamento não apresentaram efeito significativo na DIVMS da *B. decumbens*. Entretanto, durante a seca a forragem produzida na sombra apresentou valores de DIVMS maiores do que aqueles observados ao sol (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito do sombreamento promovido por três espécies de leguminosas arbóreas sobre o teor de proteína bruta (%) e digestibilidade *in vitro* da MS (%) da forragem de *B. decumbens*, em dois períodos do ano.

Espécie	Local de Amostragem	Estação Seca		Estação	
		PB	DIVMS	PB	DIVMS
<i>A. angustissima</i>	Sol	4,4	35,6	5,5	42,2
	Sombra	7,5	45,1	6,2	42,1
<i>A. auriculiformis</i>	Sol	4,3	40,0	5,4	43,9
	Sombra	8,8	50,9	5,8	43,6
<i>A. mangium</i>	Sol	4,3	34,7	5,3	43,4
	Sombra	7,3	48,7	7,6	50,2

Fonte: Carvalho et al. (1999).

Paciullo et al. (2007) verificaram maior DIVMS para lâminas foliares de *B. decumbens* desenvolvidas na sombra, quando comparada a sol pleno (Tabela 7). Os autores relacionaram o maior valor de DIVMS, ao maior teor de PB e menor de FDN obtidos em condições de sombreamento.

Denium et al. (1996) observaram efeito positivo da sombra na DIVMS para a *Setaria anceps*, negativo para *P. maximum* e ausência de efeito para *B. brizantha*. Sob sombreamento intenso (28% de transmissão de luz) foram verificados decréscimos nos valores de digestibilidade de várias gramíneas forrageiras; mas em condições de sombra moderada (64% de transmissão de luz) a digestibilidade aumentou em comparação ao cultivo à luz solar plena.

Tabela 7. Teores de fibra em detergente neutro (FDN) e digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) da *B. Decumbens*, sob sol pleno ou sombreamento por árvores.

Característica	Tratamentos		Significância
	Sol pleno	Sombreamento	
FDN (%)	75,9	73,1	*
DIVMS (%)	47,6	53,2	**

* significativo (P<0,05); ** significativo (P<0,01).

Fonte: Paciullo et al. (2007).

De forma consistente o sombreamento contribui para aumentos dos teores de PB e minerais na forrageira. A tendência de menores teores de FDN, decorrente da menor quantidade de fotoassimilados em condições de sombra, associada ao maior teor de PB, geralmente melhora a digestibilidade da matéria seca. Contudo, as variações positivas esperadas no valor nutritivo em forrageiras sombreadas dependem da espécie, nível de sombreamento, fertilidade inicial do solo, estação do ano, entre outros.

Produção animal

Poucos trabalhos investigaram características produtivas de animais em mantidos em sistemas silvipastoris. Alguns trabalhos foram conduzidos em regiões de clima temperado, comparando sistemas silvipastoris e monocultivo de gramíneas (Hawke, 1991; Clason & Sharrow, 2000; Teklehaimanot et al., 2002; Kallembach et al., 2006). Na região tropical, os resultados evidenciam o potencial de sistemas silvipastoris em prover melhorias, especialmente no desempenho individual de animais em regime de pastejo.

Os ganhos de peso de novilhas leiteiras Holandês x Zebu em sistema silvipastoril foram comparados com aqueles obtidos em pastagem de braquiária solteira (Paciullo et al., 2011a). No primeiro e terceiro anos experimentais da época chuvosa foram observados maiores ganhos de peso no sistema silvipastoril do que no monocultivo (Tabela 8). Os autores consideraram que o maior teor de PB no sistema silvipastoril pode ter contribuído para melhoria da qualidade da dieta das novilhas na pastagem arborizada, favorecendo o desempenho animal. Considerando o consumo médio de MS na

época chuvosa do ano de 2,3% do PV (Paciullo et al, 2009) e os teores de PB do pasto em cada sistema (8,9% para o silvipastoril e 7,8% para o monocultivo), durante o período chuvoso, foi calculado um consumo médio de 69 g/dia/novilha de PB a mais no sistema silvipastoril, quando comparado ao sistema em monocultivo. Concluiu-se, também, que a amenização ambiental conferida pela sombra das árvores no sistema silvipastoril pode ter contribuído para o melhor desempenho das novilhas leiteiras, especialmente durante a época chuvosa, quando as temperaturas alcançaram valores próximos de 30 °C. O maior ganho de peso individual pode ser relevante para sistemas de pecuária leiteira, considerando que a aceleração no crescimento poderá contribuir para redução da idade à primeira concepção e, conseqüentemente, ao primeiro parto das novilhas. Os ganhos médios por área também indicaram vantagem para o sistema silvipastoril (Tabela 9).

Tabela 8. Desempenho de novilhas (g/animal/dia) durante a época chuvosa, de acordo com o sistema de recria.

Ano experimental	Sistema de recria					
	Silvipastoril		Monocultivo			
	Peso inicial	Peso Final	Ganho de peso	Peso inicial	Peso Final	Ganho de peso
2004/2005	234	336	722 A	237	324	624 B
2005/2006	270	342	647 A	261	324	563 A
2006/2007	283	349	628 A	293	347	515 B

Médias seguidas por diferentes letras, na linha comparando sistema de recria, são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.
Fonte: Adaptado de Paciullo et al. (2011a).

Tabela 9. Ganho de peso por área (kg/ha), durante a época chuvosa, de acordo com o sistema de recria.

Ano experimental	Sistema de recria	
	Silvipastoril	Monocultivo
2004/2005	298 A	256 B
2005/2006	242 A	230 A
2006/2007	258 A	211 B

Médias seguidas por letras diferentes, na linha comparando sistema de recria, são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.
Fonte: Adaptado de Paciullo et al. (2011a).

Paciullo et al. (2014) avaliaram a massa e o valor nutritivo da forragem, o consumo de matéria seca e a produção de leite de vacas Holandês x Zebu em pastagens arborizadas e com maior percentual de leguminosas herbáceas ou não-arborizadas e com menor percentual de leguminosas herbáceas. Os resultados demonstraram que a produção de leite foi maior na pastagem arborizada, no primeiro ano experimental, do que na pastagem não-arborizada. Considerando que as ofertas de forragem e os consumos de MS foram semelhantes entre os dois tipos de pastagem, a diferença na produção de leite foi atribuída a outros fatores. Primeiro, à maior diversidade de espécies forrageiras e, principalmente, à maior porcentagem de leguminosas na pastagem arborizada, as quais apresentaram maiores teores de proteína bruta que o capim-braquiária. O consumo de leguminosas pelas vacas provavelmente influenciou positivamente na qualidade da dieta, permitindo maior produção de leite.

Em trabalho realizado em pastagens de *B. brizantha* cv. Marandu, estabelecidas em sistema silvipastoril com eucalipto, os ganhos de peso corporal de novilhos nelores variaram entre 392 e 892 g/novilho.dia, dependendo da oferta de forragem e da dose de adubo nitrogenado (Bernardino et al., 2011). Os autores consideraram os ganhos de peso moderados para animais pastejando *B. brizantha*, quando confrontados com resultados obtidos a pleno sol, mas destacaram o potencial de utilização de sistemas silvipastoris na produção de bovinos de corte.

Em países como Colômbia, Costa Rica, México, entre outros da América do Sul e América Central, tem sido proposto um sistema silvipastoril intensivo, no qual são preconizadas altas densidades de plantas por hectare, em especial da espécie *Leucaena leucocephala*. Murgueitio et al. (2012) apresentam resultados que demonstram o potencial do sistema, tais como capacidade de suporte de 4 UA/ha, produção de leite de mais de 10.000 L/ha.ano e potencial de persistência do sistema de mais de 20 anos.

Considerações finais

Os sistemas silvipastoris são uma modalidade de exploração que podem trazer benefícios para o setor pecuário brasileiro, tendo em vista as potencialidades de melhorias do solo, da qualidade da forragem e do desempenho animal, além de se constituir em uma alternativa viável para diversificação e aumento de renda para o produtor rural. A sombra e a biomassa das árvores têm potencial para aumentar a disponibilidade de nitrogênio e outros nutrientes no solo, promovendo reflexos positivos para a produção e o valor nutritivo da forragem. Em condições tropicais as melhorias do teor proteico da forragem podem ter reflexos positivos no desempenho de animais.

Sabe-se que muitas gramíneas forrageiras apresentam ajustes morfofisiológicos que as permitem continuar produzindo em condições de sombreamento moderado. Por outro lado, a sombra intensa prejudica o crescimento do pasto, ameaçando a sustentabilidade do sistema. Portanto, o planejamento para manutenção de sombreamentos moderados é um ponto central para obtenção de retornos satisfatórios. Os resultados disponíveis até o momento evidenciam que dificilmente poderiam se esperar elevadas taxas de acúmulo de forragem, capacidades de suporte e produtividade animal por área, se a gramínea estiver submetida ao sombreamento. Deve-se optar por sistemas de produção de nível tecnológico intermediário ou sistemas de produção extensivos.

Referências bibliográficas

- ALVIM, M.J.; PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, M.M. et al. **Influence of different percentages of tree cover on the characteristics of a *Brachiaria decumbens* pasture.** In: TALLER INTERNACIONAL SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL, 7, 2004, Mérida, México, 2004. CD-ROM.
- ANDRADE, C.M.S., GARCIA, R., COUTO, L. et al. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1845-1850, 2003 (Supl. 2).
- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L. et al. Fatores limitantes ao crescimento do capim-tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na região dos cerrados de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1178-1185, 2001.
- ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C. et al. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.3, p.263-270, 2004.
- BALEIRO, F.C. **Nutrientes na água de chuva e na biomassa em monocultivo e consorcio de *Acacia mangium* W. *Pseudosamanea guachapele* Dugand e *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden.** Tese de Mestrado em Ciência do solo. Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- BERNARDINO, F.S., TONUCCI, R.G., GARCIA, R. et al. Produção de forragem e desempenho de novilhos de corte em um sistema silvipastoril: efeito de doses de nitrogênio e oferta de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1412-1419, 2011.
- BODDEY, R.M., Macedo, R., Tarre, R.M. et al. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline? **Agriculture Ecosystem Environment**, v.103, p.:389-403, 2004.

- CANDIDO, M.J.D.; ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, C.A.M, et al. Período de descanso, valor nutritivo e desempenho animal em *Panicum maximum* cv Mombaça sob lotação intermitente. **Revista de Brasileira Zootecnia**, v.34, n.5, p.1459-1467. 2005.
- CANTARUTTI, R.B.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, M.M.; FONSECA, D.M.; ARRUDA, M.L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F.T.T. Pastagens. RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. (Eds.). In: Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p.332-341.
- CARNEVALLI, R.A. Dinâmica da rebrotação da pastagem de capim-Mombaça submetida regime de desfolha intermitente. Piracicaba, SP: ESALQ, 2003 Tese (Doutorado em Produção Animal). ESALQ-USP. 2003.
- 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. 3., 2001, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. p. 85-108.
- CARVALHO, M.M., FREITAS, V.P., XAVIER, D.F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombreamento natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.5, p.717-722, 2002.
- CARVALHO, M.M.; BARROS, J.C.; XAVIER, D.F. et al. Composición química del forraje de *B. decumbens* asociada com espécies de leguminosas arbóreas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS AGROPECUÁRIOS SUSTENIBLES, 6., 1999, Cali. Memórias... Cali: CIPAV, 1999. 1 CD.
- CARVALHO, M.M.; XAVIER, D.F.; ALVIM, M.J. Uso de leguminosas arbóreas na recuperação e sustentabilidade de pastagens cultivadas. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.C. (Ed.) *Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. p. 189-204.
- CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M. et al. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade

- reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.919-927, 1999.
- CASTRO, C.R.T.; PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M. et al. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p.19-25, 2009.
- CLASON, T.R.; SHARROW, S.H. Silvopastoral practices. In: Garrett H.E., Rietveld W.J. and Fisher R.F. (eds), **North American Agroforestry: An Integrated Science and Practice**. ASA, Madison, WI, pp. 119–147. 2000.
- CRUZ, P. Effect of shade on the growth and mineral nutrition of a C₄ perennial grass under field conditions. **Plant and Soil**, v.188, p.227–237, 1997.
- DA SILVA, S.C., NASCIMENTO JR. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.121-138, 2007.
- DENIUM, B.; SULASTRI, R.D.; SEINAB, M.H.J. et al. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. Trichoglume). **Netherlands Journal of Agriculture Science**, v.44, p.111-124, 1996.
- DIAS-FILHO, M. Growth and biomass allocation of the C₄ grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2335-2341, 2000.
- ERIKSEN, F.I.; WHITNEY, A.S. Effects of light intensity on growth of some tropical forage species. I. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. **Agronomy Journal**, v. 73, p. 427-433, 1981.
- FERNÁNDEZ, M.E., GYENGE, J.E., SALDA, G.D. et al. Silvopastoral systems in northwestern Patagonia I: growth and photosynthesis of *Stipa speciosa* under different levels of *Pinus ponderosa* cover. **Agroforestry Systems**, v. 55, p. 27–35, 2002.
- FULKERSON, W.J.; SLACK, K. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*: 2. Effect of defoliation frequency and height. **Grass and Forage Science**, v.50, n1, p.16-29, 1995.
- GOBBI, K.F., GARCIA, R., GARCEZ NETO, A.F. et al. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao

- sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1645-1654, 2009.
- GOMIDE, C.A.M. **Características morfofisiológicas associadas ao manejo do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.)**. 2001. 107p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – UFV, Viçosa, MG.
- GUENNI, O., SEITER, S., FIGUEROA, R. Growth responses of three *Brachiaria* species to light intensity and nitrogen supply. **Tropical Grassland**, v.42, p.75-87, 2008.
- HAWKE, M.F. Pasture production and animal performance under pine agroforestry in New Zealand. **Forage Ecology Management**, v.45, p.109–118, 1991.
- KALLENBACH RL, KERLEY MS, BISHOP-HURLEY JG. Cumulative forage production, forage quality and livestock performance from an annual ryegrass and cereal rye mixture in a Pine–Walnut Silvopasture. **Agroforestry Systems**, v.66, p.43-53, 2006.
- KEPHART, K. D.; BUXTON, D. R.; TAYLOR, S. E. Growth of C₃ and C₄ perennial grasses under reduced irradiance. **Crop Science**, v. 32, n. 4, p. 1033-1038, 1992.
- KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R. Forage quality responses of C₃ and C₄ perennial grasses to shade. **Crop Science**, v.33, n.4, p.831-837, 1993.
- 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: IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., 2012. Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 2011. CD ROM.
- MARTUSCELLO, J.A., JANK, L. GONTIJO NETO, M.M. et al. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.7, p.1183-1190, 2009.
- MONTEIRO, H.C.F.; CANTARUTTI, R.B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Dinâmica de Decomposição e Mineralização de Nitrogênio em Função da Qualidade de Resíduos de Gramíneas e Leguminosas Forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1092-1102, 2002.

- MÜLLER, M.D.; NOGUEIRA, G.S.; CASTRO, C.R.T. et al. Economic analysis of an agrosilvipastoral system for a mountainous area in Zona da Mata Mineira, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n.10, p. 1148-1153, 2011.
- MURGUEITIO, E., CALLE, Z., URIBE, F. et al. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. **Forestry Ecology Management**, v.261, p.1654-1663, 2012.
- MYERS, P.K.R., ROBBINS, G.B. Sustaining productive pastures in the tropics. 5. Maintaining productive sown grass pastures. **Tropical Grasslands**, v.25, n.2, p.104-110, 1991.
- NABINGER, C.; PONTES, L.S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS. Piracicaba, 2001, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 755-770.
- PACIULLO D.S.C., CASTRO, C.R.T., GOMIDE, C.A.M. et al. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Science**, v.141, p.166-172, 2011a.
- PACIULLO D.S.C., CASTRO, C.R.T., GOMIDE, C.A.M. et al. Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. **Scientia Agricola**, v. 67, p.401-407, 2010.
- PACIULLO, D.S.C., LOPES, C.L., ARAÚJO, S.A.C. et al. Composição morfológica e acúmulo de forragem de *Brachiaria decumbens* submetida à fertilização, em sistema silvipastoril ou monocultivo. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012. Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 2012. CD ROM.
- PACIULLO, D.S.C., LOPES, F.C.F., MALAQUIAS Jr., J.D. et al. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1528-1535, 2009.
- PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M. et al. 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. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob

- sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.04, 2007.
- PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T.; MULLER, M.D. et al. Fertilidad del suelo y biomasa de forraje en pasturas manejadas con diferentes coberturas arbóreas. In: CONGRESO FORESTAL DE CUBA. 5. 2011, **Anais...** Habana: Instituto de Investigaciones Forestais, 2011c. 5p. 1 CD.
- PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T.; PASSOS, L.P. et al. Partición de biomasa en *Brachiaria decumbens* en respuesta a la radiación incidente en um sistema silvopastoril. In: CONGRESO FORESTAL DE CUBA, 5., 2011. Havana. **Anais...** Havana: Instituto de Investigaciones Forestais, 2011b. 5p. 1 CD.
- PACIULLO, D.S.C.; FERNANDES, P.B.; GOMIDE, C.A.M. et al. The growth dynamics in *Brachiaria* species according to nitrogen dose and shade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.02, p.270-276, 2011d.
- PACIULLO, D.S.C.; PIRES, M.F.A.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, M.J.F.; MAURICIO, R.M.; GOMIDE, C.A.M. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass-legume pastures shaded by tropical trees. **Animal**, v.8, p.1264-1271, 2014.
- 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.
- PANDEY, C.B., VERMA, S.K., DAGAR, R.C. et al. Forage production and nitrogen nutrition in three grasses under coconut tree shades in the humid-tropics. **Agroforestry Systems**, v.83, p.1-12, 2011.
- POWER, I.L., THORRO, L.D., BALKS, M.S. Soil properties and nitrogen availability in silvo pastoral plantings in *Acacia melanoxylon* in North Island, New Zealand. **Agroforestry Systems**, v.57, p.225-237, 2003.
- RIBASKI, J., MONTOYA, L. J. V., RODIGHIERI, H. R. Sistemas agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. **Informe Agropecuário**. V.22, n. 212, p. 61-67, 2001.
- RIBASKI, J., MONTOYA, L.J.V. Sistema silvipastoris desenvolvidos na região Sul do Brasil: a experiência da Embrapa Florestas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL:

- SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS NA AMÉRICA DO SUL, 2000, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite/FAO, 2000. 1 CD ROM.
- SAMARAKOON, S.P.; WILSON, J.R.; SHELTON, H.M. Growth, morphology and nutritive value of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. **Journal of Agricultural Science**, v. 114, p. 161-169, 1990a.
- SANTOS, V.A.C., ABREU, J.G., ALMEIDA, R.G. et al. Disponibilidade, morfofisiologia e valor nutritivo do capim-piatã sob sombreamento e sol pleno em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7., 2012. Belém. **Anais...** Belém: UFRA, 2012. CD ROM.
- SCHOENEBERGER, M.M. Agroforestry: working trees for sequestering carbon on agricultural lands. **Agroforestry Systems**, v.75, p.27-37, 2009.
- SCHREINER, H.G. Tolerância de quatro gramíneas forrageiras a diferentes graus de sombreamento. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.15, p.61-72, 1987.
- SILVA, D.P., PACIULLO, D.S.C., CASTRO, C.R.T. et al. Produção de forragem e perfilhamento do capim-massai sob doses de nitrogênio e percentagens de sombreamento. IN: SIMPÓSIO MINEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1., 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2010. CD ROM.
- SMITH, M.A., WHITEMAN, P.C. Evaluation of tropical grasses in increased shading under coconuts canopies. **Experimental Agriculture**, v. 19, p.153-161, 1983.
- SOARES, A.B.; SARTOR, L.R.; ADAMI, P.F. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.443-451, 2009.
- TEKLEHAIMANOT, Z., JONES, M., SINCLAIR, F.L. Tree and livestock productivity in relation to tree planting configuration in silvopastoral system in North Wales, UK. **Agroforestry Systems**, v.56, p.47-55, 2002.
- WILSON, J. R.; LUDLOW, M. M. The environment and potential growth of herbage under plantation. In: SHELTON, H.M.;

- STÜR, W.W. eds. **Forages for plantation crops**. Proceedings of a Workshop, Bali, Indonesia, 27-29 jun. 1990. ACIAR, Canberra, 1991. Proc. No. 32, 168 p., pp. 10-24.
- WILSON, J.R. Influence of planting four tree species on the yield and soil water status of green panic pasture in subhumid south-east Queensland. **Tropical Grassland**, v.32, p.209-220, 1998.
- WILSON, J.R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agriculture Research**, v. 47, p.1075-1093, 1996.
- WONG, C. C. Shade tolerance of tropical forages. In: SHELTON, H.M.; STÜR, W.W. eds. **Forages for plantation crops**. Proceedings of a Workshop, Bali, Indonesia, 27-29 jun. 1990, ACIAR, Canberra, 1991. Proc. No. 32, 168p. pp. 64-69.
- WONG, C.C., SHARUDIN, M.A.M., RAHIM, H. **Shade tolerance potential of some tropical forages for integrations with plantations. 2. Legumes**. MARDI Research Bulletin, v.13, p.249-269, 1985.
- XAVIER, D.F. **Monitoramento do fluxo de nitrogênio em pastagens de *Brachiaria decumbens* em monocultura e em sistema silvipastoril**. 2009. 112 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agrossilvipastoril
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**Intensificação da produção animal em
pastagens:**

Anais do 1º Simpósio de Pecuária Integrada

Editores técnicos

Bruno Carneiro e Pedreira

Dalton Henrique Pereira

Douglas dos Santos Pina

Roberta Aparecida Carnevalli

Luciano Bastos Lopes

*Embrapa
Brasília, DF
2014*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Agrossilvipastoril
Rodovia dos Pioneiros, MT 222, Km 2,5
Caixa Postal 343
CEP 78550-970 Sinop, MT
Fone: (66) 3211-4220
Fax: (66) 3211-4221
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pela edição
Embrapa Agrossilvipastoril

Comitê de publicações

Presidente
Austecênio Lopes de Farias Neto

Secretário-executivo
Anderson Ferreira

Membros
*Aisten Baldan, Daniel Rebelo Itaussá, Eudalia Suler Sobreira Hoogenheide, Gabriel Rezende Faria,
Hélio Tonini, Jorge Lulu, Marina Monra Moraes, Valéria de Oliveira Falcão*

Normalização bibliográfica
Aisten Baldan

O conteúdo dos capítulos é de responsabilidade dos seus respectivos autores.

1ª edição
1ª Impressão (2014): 500 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

Embrapa Agrossilvipastoril

Simpósio de Pecuária Integrada (I : 2014 : Sinop, MT)
Intensificação da produção animal em pastagens: anais... editores técnicos, Bruno Carneiro e Pedreira ... [et al.]. – Brasília, DF : Embrapa, 2014.
294 p. ; il. color. ; 14 cm x 21 cm.

ISBN 978-85-7035-361-0

1. Simpósio. 2. Pecuária Integrada. 3. Produção Animal. 4. Pastagem. I. Pedreira, Bruno Carneiro e. II. Pereira, Dalton Henrique. III. Pina, Douglas dos Santos. IV. Carnevalli, Roberta Aparecida. V. Lopes, Luciano Bastos. VI. Embrapa Agrossilvipastoril. VII. Título.

CDD 636.2

© Embrapa 2014

Editores Técnicos

Bruno Carneiro e Pedreira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT

Dalton Henrique Pereira

Zootecnista, doutor em Avaliação de Alimentos para Animais, professor adjunto da Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT

Douglas dos Santos Pina

Zootecnista, doutor em Nutrição e Produção de Ruminantes, professor adjunto da Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT

Roberta Aparecida Carnevalli

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência Animal, pesquisadora da Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT

Luciano Bastos Lopes

Médico-veterinário, doutor em Ciência Animal pesquisador, Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT