

# 8

CAPÍTULO

## **Forrageiras tolerantes ao sombreamento**

*Domingos Sávio Campos Paciullo  
Maria de Fátima Ávila Pires  
Marcelo Dias Müller*

## INTRODUÇÃO

Os sistemas agrossilvipastoris têm sido recomendados como alternativa aos sistemas convencionais de produção de bovinos, tendo em vista seus benefícios biológicos, econômicos e ambientais (MÜLLER et al., 2011; PACIULLO et al., 2011a; MURGUEITIO et al., 2012). Embora seja prática antiga (GARCIA & COUTO, 1997), ainda permanecem dúvidas sobre aspectos do manejo dos componentes do sistema. Ao se integrar em uma mesma área física plantas herbáceas, arbustivas e/ou arbóreas e animais ruminantes, estabelece-se um ambiente de relações ecológicas, baseadas em interações complexas e dinâmicas entre seus componentes. A significância e o nível de competição entre os componentes são determinados pelo clima, manejo, tipo de solo e espécies. Em sistemas estabelecidos em ambientes tropicais úmidos, espécies arbóreas e forrageiras competem primariamente por luz (SHELTON et al., 1997; PACIULLO et al., 2011a).

Ao longo do tempo, as árvores crescem e interceptam progressivamente maiores quantidades da radiação fotossinteticamente ativa incidente, aumentando o sombreamento do pasto. Ao mesmo tempo, ocorrem mudanças na qualidade da radiação que atravessa o dossel arbóreo e alcança o pasto, o que interfere em várias características morfofisiológicas das plantas forrageiras. A tolerância de uma espécie à sombra depende de sua capacidade em se ajustar morfológica e fisiologicamente a um dado nível de irradiância (DIAS-FILHO, 2000). 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 do solo.

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

## FORRAGEIRAS TOLERANTES AO SOMBREAMENTO

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 1). 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; SANTOS et al., 2012).

► **TABELA 1.**  
**Gramíneas forrageiras tropicais tolerantes ao sombreamento moderado.**

ESPÉCIE/CULTIVAR	REFERÊNCIA
<b>Gênero <i>Brachiaria</i></b>	
<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. Xaraés	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)
<b>Gênero <i>Panicum</i></b>	
<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)
<b>Outros gêneros</b>	
<i>Hemarthria altissima</i>	Schreiner (1987)
<i>Paspalum notatum</i>	Schreiner (1987), Andrade et al. (2004)
<i>Setaria anceps</i>	Castro et al. (1999)

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 pubescens* e a *Pueraria phaseoloides*. O estilosantes (*Stylosanthes guianensis*) e o siratro (*Macropitilium atropurpureum*) foram considerados como de baixa tolerância ao sombreamento (WONG, 1991; ANDRADE et al., 2003). O amendoim forrageiro (*Arachis pintoii*) teve bom desempenho em condições de sombra, sendo considerado por Andrade et al. (2004) como tolerante ao sombreamento.

## AJUSTES MORFOFISIOLÓGICOS EM RESPOSTA AO SOMBREAMENTO

Sabe-se que o dossel forrageiro sofre modificações morfofisiológicas quando submetido à competição com o componente arbóreo por recursos de crescimento, principalmente no que se refere à competição pela radiação fotossinteticamente ativa (DIAS-FILHO, 2002; PACIULLO et al., 2008; GOBBI et al., 2009). Nas últimas décadas, vários trabalhos têm contribuído com o aumento do conhecimento sobre esse assunto, conforme apresentado a seguir.

### Aspectos fisiológicos

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 2). 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 2.**  
**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
<b>Massa/RFA</b>			
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).

## Morfogênese

Estudos com gramíneas tropicais indicaram que a intensificação do sombreamento resultou em lâminas foliares e colmos mais longos (CASTRO et al., 1999; FERNANDÉZ 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 (FERNANDÉZ et al., 2002; PACIULLO et al., 2008; LOPES et al., 2011).

## Perfilhamento

Vários fatores determinam os padrões demográficos de perfilhamento. Variações nos padrões e taxas de aparecimento e morte de perfilhos correspondem a um dos principais mecanismos utilizados pelas plantas forrageiras para se manterem vivas e perenes em áreas de pastagem, uma vez que asseguram reposição de perfilhos mortos e restauração da área foliar removida pelo pastejo.

Em geral, tem sido constatada redução da taxa de perfilhamento de gramíneas quando submetidas ao sombreamento (FERNANDÉZ et al., 2002; PACIULLO et al., 2007). Normalmente, 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. Pode ocorrer maior mortalidade de perfilhos em função da limitação no suprimento de carbono gerada pela competição por luz (KIM et al., 2010). Adicionalmente, em condições de sombreamento, algumas gemas axilares podem ser abortadas antes mesmo da emergência de novos perfilhos (LEMAIRE & CHAPMAN, 1996).

Além do efeito da quantidade de luz sobre a produção de fotoassimilados, que sustenta e permite o desenvolvimento dos perfilhos, a qualidade da luz também tem efeito sobre o perfilhamento. A qualidade da luz que passa através das copas das árvores é alterada porque as folhas das mesmas absorvem, preferencialmente, radiação cujo comprimento de onda esteja na faixa de 400-700 nm. A luz cujo comprimento de onda esteja compreendido entre o azul e o vermelho é reduzida em

comparação com o espectro verde e infra-vermelho, diminuindo a relação luz vermelha/luz infravermelha. A queda dessa relação, em condições de sombreamento natural, causa importantes efeitos sobre a morfogênese das plantas, principalmente diminuindo o perfilhamento das gramíneas (GAUTIER et al., 1999).

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 m<sup>2</sup> aumentou de 253 para 447 quando a intensidade de luz se elevou, respectivamente, de 35 para 65%, em relação à condição de sol pleno (Figura 3). 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).

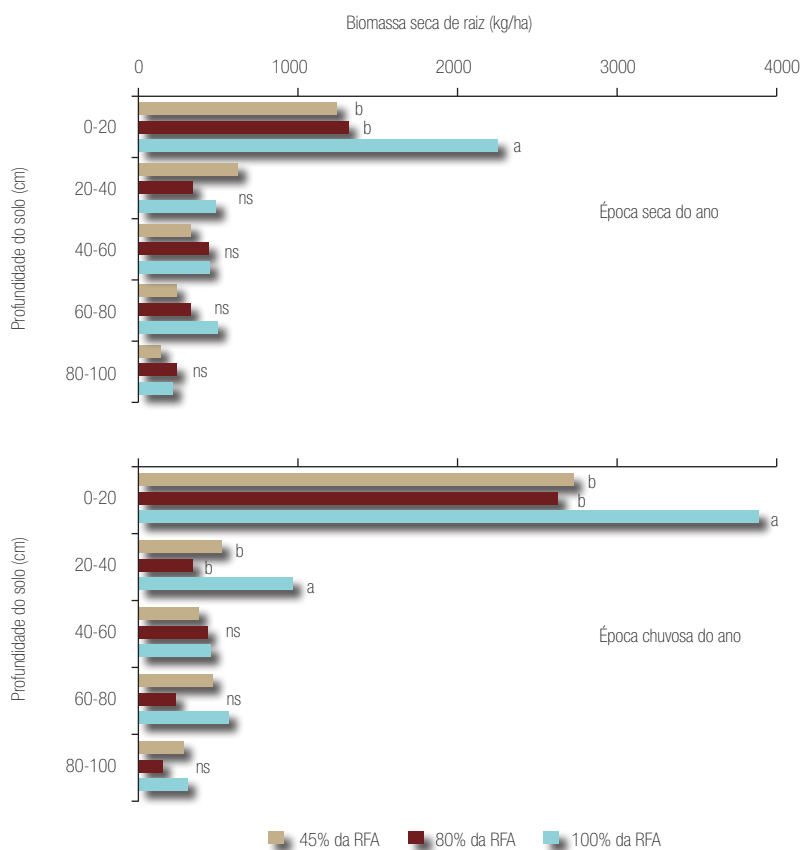
### **Alocação de biomassa**

Outra modificação decorrente do sombreamento é a redução da produção de raízes (Figura 1), resultante da mudança no padrão de alocação de fotoassimilados pelas plantas cultivadas em ambiente de reduzida luminosidade, especialmente na camada de 0 a 40 cm de profundidade do solo (PACIULLO et al., 2010). Como consequência desse fenômeno, tem-se maior relação parte aérea/raiz em plantas cultivadas sob sombreamento. Em pastagem de *B. decumbens* calculou-se que a redução da biomassa aérea sob a maior percentagem de sombra (60% da 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 EM SISTEMAS SILVIPASTORIS**

A produção de matéria seca de forrageiras em associação com espécies arbóreas pode ser prejudicada ou favorecida, dependendo de fatores como a tolerância das espécies à sombra e o grau de sombreamento proporcionado pelas árvores. Mesmo gramíneas consideradas medianamente tolerantes ao sombreamento têm apresentado redução



► **FIGURA 1.** Distribuição de raízes de *B. decumbens* no perfil do solo, em um sistema silvipastoril, conforme a intensidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) incidente no pasto. Fonte: Adaptado de Paciullo et al. (2010).

acentuada da produção de forragem quando submetidas a condições de sombreamento intenso, em geral com níveis de sombra acima de 50% da luz solar plena (CASTRO et al., 1999; ANDRADE et al., 2004; PACIULLO et al., 2007). Resultados de pesquisa têm revelado que a *B. decumbens* se mostrou pouco tolerante ao sombreamento intenso (65% de sombreamento em relação à condição de sol pleno), considerando o baixo nível de produtividade obtido (Tabela 2). A diminuição do sombreamento de 65 para 35% resultou em aumentos da ordem de 65% para a massa de forragem (PACIULLO et al., 2007). 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).



Castilhos et al. (2003) avaliaram a produção de forragem de cinco cultivares de *P. maximum* a pleno sol e em um bosque de eucalipto com 15 anos de idade, plantado no espaçamento 3 × 3 m. Na sombra, foi observada redução acentuada da produção de forragem de todas as cultivares, em decorrência da alta densidade arbórea e, consequentemente, baixos níveis de radiação disponível para as gramíneas. A produção de matéria seca média obtida na sombra foi, aproximadamente, 25% da observada a pleno sol.

Conclui-se que o grau de sombreamento imposto pelas árvores no sistema silvipastoril sobre as forrageiras, assim como a capacidade dessas plantas continuarem produzindo, mesmo em condições de menor luminosidade, são condições básicas para o sucesso na exploração desses sistemas, especialmente quando se prioriza a produção animal. O uso de densidade de árvores, de modo a promover apenas sombreamento moderado das forrageiras, além do plantio de espécies, pelo menos medianamente tolerantes à sombra, podem contribuir significativamente para o sucesso de sistemas de produção animal baseado no uso de pastagens arborizadas.

## TIPO DE ÁRVORE × CARACTERÍSTICAS DO SOLO × PRODUÇÃO DE FORRAGEM

### *Sistemas com árvores leguminosas*

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., 2001b; XAVIER et al., 2002; Guenni et al., 2008) e submetidos ao sombreamento apenas moderado. 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, em condições de sombreamento moderado (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., 2001b). 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 3). 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.

### Sistemas com leguminosas arbóreas e *Eucalyptus*

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

**TABELA 3.**  
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
<b>Solo</b>			
K (mg/dm <sup>3</sup> )	30,6	35,0	47,6
P (mg/dm <sup>3</sup> )	1,87	2,90	5,20
MO (%)	1,70	2,10	2,53
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,25	1,45	1,86
CTC potencial (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	5,60	6,87	7,53
<b>Pasto</b>			
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).

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.

### **Sistemas com *Eucalyptus* spp.**

Em sistemas silvipastoris cujo componente arbóreo é formado apenas por árvores de *Eucalyptus* spp. o problema de imobilização de N no solo pode se agravar, tendo em vista que a serrapilheira resultante da queda de folhas e galhos desse tipo de árvore possui baixa qualidade, com alta relação C/N (ANDRADE et al., 2001). A serrapilheira de um silvipastoril de eucalipto apresentou lenta decomposição, com meia vida de 1,5 anos, acumulando 16,6 t/ha<sup>-1</sup> de serrapilheira (BALIEIRO, 1999). Além disso, a competição entre a gramínea e o eucalipto pelo N, poderá contribuir para redução da quantidade de N disponível para crescimento da forrageira (ANDRADE et al., 2001).

Considerando que, do ponto de vista econômico, o eucalipto se constitui em uma das melhores opções existentes, devido à sua elevada capacidade de produção de madeira, devem-se buscar alternativas para minimizar possíveis interações negativas que possam ocorrer entre o eucalipto e o sub-bosque de sistemas silvipastoris. Neste aspecto, 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. 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 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 estarem aquém das taxas de lotações normalmente obtidas em condições 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.

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<sub>2</sub>O 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 4). 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.

► **TABELA 4.**

**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).

Os resultados apresentados evidenciam que o uso de fertilizantes na busca pelo aumento de produtividade do componente pecuário, em subosques de sistemas silvipastoris com *Eucalyptus*, 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; PACIULLO et al., 2012), tornando a prática da adubação questionável nesses casos.

### VALOR NUTRITIVO DA FORRAGEM

A sombra, geralmente, favorece o aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo e induz aumentos na concentração de nitrogênio das gramíneas (Samarakoon et al. 1990a; 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., 1990a).

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.

Paciullo et al. (2007) verificaram maior DIVMS para lâminas foliares de *B. decumbens* desenvolvidas na sombra, quando comparada a sol pleno. 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.

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.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitas gramíneas forrageiras usadas em sistemas de produção de bovinos do país 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. 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.

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. Mas, conforme destacado por Garcia & Couto (1997), não deve ser esperada produtividade máxima dos componentes do sistema e sim a sustentabilidade do ecossistema e a geração de retornos satisfatórios.

### 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.
- BALIEIRO, F.C. **Nutrientes na água de chuva e na biomassa em monocultivo e consórcio 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.
- 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., ALVIM, M.J., CARNEIRO, J.C. **Sistemas Agroflorestais Pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. 1 ed. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001a. 413 p.
- CARVALHO, M.M.; BARROS, J.C.; XAVIER, D.F. et al. Composición química del forraje de *B. decumbens* associada com espécies de leguminosas arbóreas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS AGROPECUÁRIOS SUSTENIBLES, 6., 1999, Cali. Memórias... Cali: CIPAV, 1999. 1 CD.
- 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.; 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, 2001b. p. 189-204.
- CASTILHOS, Z. M. S.; SAVIAN, J. F.; BARRO, R. S.; FERRÃO, P. S. et al. Desempenho de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. ao sol e sob bosque de eucalipto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. CD ROM.
- 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 agrônômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p.19-25, 2009.
- CRUZ, P. Effect of shade on the growth and mineral nutrition of a C<sub>4</sub> perennial grass under field conditions. **Plant and Soil**, v.188, p.227-237, 1997.
- 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 C<sub>4</sub> grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2335-2341, 2000.
- DIAS-FILHO, M. Photosynthetic light response of the C<sub>4</sub> grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Scientia Agricola**, v.59, n.12, p.65-68, 2002.
- 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.
- GARCIA, N.C.P.; REIS, G.G.; SALGADO, L.T. et al. Consórcio de *Eucalyptus grandis* com gramíneas forrageiras em área de encosta na Zona da Mata de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., Porto Velho. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 496p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 27).
- GARCIA, R., COUTO, L. Sistemas silvipastoris: tecnologia emergente de sustentabilidade. IN: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1., 1997. Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p.447-471.
- 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. 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.
- 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.
- KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R. Forage quality responses of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> perennial grasses to shade. **Crop Science**, v.33, n.4, p.831-837, 1993.
- KEPHART, K. D.; BUXTON, D. R.; TAYLOR, S. E. Growth of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> perennial grasses under reduced irradiance. **Crop Science**, v. 32, n. 4, p. 1033-1038, 1992.
- KIM, H.K., OOSTEROM, E.V., DINGKUHN, M. et al. Regulation of tillering in sorghum: environmental effects. **Annals of Botany**, v.106, p.57-67, 2010.
- LEMAIRE, G., CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODSON, J., ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. London: CAB International, 1996. p.3-36.
- 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., 2011. 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.
- 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.
- 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.; 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., 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., 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.; 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.; 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.; 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, 2011b.
- 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.
- 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.
- 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, 1990.
- 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.
- SCHREINER, H.G. Tolerância de quatro gramíneas forrageiras a diferentes graus de sombreamento. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.15, p.61-72, 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.
- 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.
- 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 sub-tropical 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., CARVALHO, M.M., ALVIM M.J. et al. Melhoria da fertilidade do solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* associada com leguminosas arbóreas. **Pasturas Tropicais**, v.25, p.23-26, 2002.
- 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.