

## Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 13 (3)

March 2021

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/14320211239>

Article link: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1239>



## Características do componente forrageiro em sistemas silvipastoris

### Characteristics of the forage component in silvopastoral systems

*Corresponding author*

**Albert José dos Anjos**

Universidade Federal de Viçosa

[albert@zootecnista.com.br](mailto:albert@zootecnista.com.br)

**Carla Silva Chaves**

Universidade Federal de Viçosa

---

**Resumo.** Os sistemas silvipastoris (SSP), modalidade dos sistemas agroflorestais, referem-se às técnicas de produção nas quais se integram animais, plantas forrageiras e árvores em uma mesma área. A forrageira e seu manejo são aspectos importantes desse sistema. Assim, objetivou-se com esta revisão analisar os aspectos produtivos, morfológicos, nutritivos e botânicos de pasto em sistema silvipastoril. Em regra, a maior incidência de luz solar causa o aumento de taxa fotossintética da planta e, portanto, o acúmulo de massa seca de forragem. Gramíneas cultivadas sob sombra, apresentam maiores teores de proteína bruta (PB) e maiores concentrações de nitrogênio não-protéico, e de maneira geral os teores de fibra insolúvel em detergente neutro e em detergente ácido (FDN e FDA), aumentam em forrageiras sobre sombreamento. O sombreamento influencia positivamente as taxas de alongamento de folhas e colmos, bem como o comprimento final das lâminas foliares. Com a redução da quantidade de radiação incidente em sistema silvipastoril, ocorrem mudanças nas características espectrais da luz solar, com aumento da radiação difusa, que por ser multidirecional, torna-se também eficiente, devido à melhor penetração no dossel vegetal. As árvores do sistema silvipastoril podem exercer grande influência sobre a forrageira utilizada, em razão do sombreamento. Práticas de manejo devem ser adotadas com o intuito de manter uma suficiente produção de matéria seca, com elevado valor nutritivo, garantindo a alimentação dos animais em todos os períodos do ano, sem comprometer a persistência da forrageira ao longo dos anos.

**Palavras-chaves:** Interceptação luminosa, proteína bruta, sombreamento, taxa de alongamento de folha

**Abstract.** The silvopastoral systems (SPS), modality of agroforestry systems, refer to the production techniques in which animals, forage plants and trees are integrated, in the same area. Forage and its management are important aspects of this system. Thus, the objective of this review was to analyze the productive, morphological, nutritios and botanical aspects of pastures in silvopastoral system. As a rule, the higher incidence of sunlight causes an increase in the photosynthetic rate of the plant and, therefore, the accumulation of dry forage mass. Grasses cultivated under shade show higher levels of crude protein (CP) and higher concentrations of non-protein nitrogen, and in general the levels of insoluble fiber in neutral detergent and acid detergent (NDF and ADF), increase in forage under shade. Shading positively influences the rates of elongation of leaves and stems, as well as the final length of leaf blades. With the reduction of the amount of radiation incident in the silvopastoral system, changes occur in the spectral characteristics of sunlight, with an increase in its scattering, that is, an increase in diffuse radiation, which, because it is multidirectional, also becomes efficient, due to the better penetration into the plant canopy. The trees of the silvopastoral system can exercise a great influence on the forage used, due to shading. Management practices must be adopted in order to maintain a sufficient dry matter production to feed the animals at all times of the year, in addition to the high nutritional value of the forage and without compromising the persistence of the forage over the years.

**Keywords:** Crude protein, leaf elongation rate, luminous interception, shading

---

## Introdução

Os sistemas silvipastoris (SSP), modalidade dos sistemas agroflorestais, referem-se às técnicas de produção nas quais se integram animais, plantas forrageiras e árvores, na mesma área. Tais sistemas representam uma forma de uso da terra onde atividades silviculturais e pecuárias são combinadas para geração de produção complementar, através da interação dos seus componentes (GARCIA & COUTO, 1997), além disso, tem sido sugerido para o alcance da sustentabilidade em sistemas de produção animal.

Sistemas silvipastoris são responsáveis por diversos benefícios diretos e indiretos ao meio ambiente, tais como, aumento da fertilidade do solo, melhoria da qualidade da forragem, promover conforto térmico aos animais e proporcionar diversificação de renda para o produtor (LIMA et al., 2019; DOSSA & VILCAHUAMAN, 2001). Porém, quando o objetivo é a produção de forragens para a alimentação animal, a presença de árvores e arbustos pode prejudicar a produção do pasto, pois o sombreamento, e em alguns casos a competição por água e nutrientes impostas pelas espécies arbóreo-arbustivas, exercem fator limitante ao desenvolvimento da espécie forrageira. Outro fator que exerce impacto no desenvolvimento das espécies forrageiras é a queda de folhas de lenta degradação que algumas espécies arbóreo-arbustivas possuem, acumulando uma grande quantidade de serapilheira que poderá prejudicar o rebrote ou a germinação e crescimento do capim (DIAS-FILHO, 2006).

Um requisito fundamental para o sucesso de sistemas silvipastoris sustentáveis é a escolha correta das espécies componentes do sistema. No caso das espécies forrageiras, não basta que estas sejam tolerantes ao sombreamento, é necessário selecionar espécies com boa capacidade produtiva, adaptadas ao manejo e ambientadas às condições edafoclimáticas da região onde serão implantadas (ANDRADE et al., 2003). Em geral, as forrageiras tolerantes ao sombreamento apresentam alterações morfofisiológicas, quando cultivadas à sombra, que lhes conferem maior capacidade de produção, quando comparadas às espécies não tolerantes em cultivo sob luminosidade reduzida (PACIULLO et al., 2017; DIAS-FILHO, 2002).

Sabe-se que as árvores reduzem a luminosidade disponível para as forrageiras que crescem sob suas copas, condição que influencia o valor nutritivo da forragem e os aspectos morfogênicos determinantes da produtividade (DEINUM et al., 1996). A dinâmica da composição botânica da vegetação herbácea também é bastante alterada sob condições de sombreamento, como é o caso de *Clidemia hirta* em seringais cultivados, planta invasora cuja capacidade de competição com a pastagem aumenta nas condições de sub-bosque (VEIGA e SERRÃO, 1990).

Sendo assim, hipotetiza-se que gramíneas forrageiras utilizadas em sistemas silvipastoris alteram suas características morfológicas,

produtivas e nutritivas. Com isso, objetivou-se com esta revisão analisar os aspectos produtivos, morfológicos, nutritivos e botânicos de pastagens em sistema silvipastoril.

### *Acúmulo e produção de matéria seca em forrageiras no sistema silvipastoril*

Sob a sombra, as plantas se aclimatam para maximizar a eficiência do uso de radiação, manter níveis adequados de fotoassimilados e atender sua demanda de manutenção e produção de novos tecidos. Essas mudanças podem ocorrer na fisiologia e bioquímica (ponto de compensação de luz, respiração, taxa fotossintética), morfologia e anatomia foliar (massa por área, espessura, tamanho da folha, densidade estomática), rotação da folha do dossel e ângulo de inclinação foliar, e/ou relação parte aérea total: raiz da planta, estoque de carboidratos e taxa de crescimento relativo (VALLADARES & NIINEMETS 2008).

Contudo, Nascimento et al. (2019), verificaram que o nível de sombreamento no sistema silvipastoril não comprometeu o acúmulo de forragem (AF) e a taxa de acúmulo de forragem (TAF) do capim-marandu (*Urochloa brizantha*), embora tenha tido uma redução de 21% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no sistema silvipastoril vs. sistema em monocultivo. O capim-marandu é considerado uma planta de tolerância média ao sombreamento (DIAS-FILHO, 2002), devido a sua capacidade de compensar os processos fisiológicos e manter a produção nessas condições. No estudo de Nascimento et al. (2019), os autores sugerem que a manutenção do acúmulo de forragem semelhantes no silvipastoril e nos sistemas de monocultura, apesar da menor RFA no silvipastoril, foi principalmente um resultado da manutenção das taxas de fotossíntese foliar, uma resposta garantida por aumentos na área foliar específica e índices de clorofila. A umidade do solo também pode ter contribuído para permitir que o capim-marandu mantivesse AF no sistema silvipastoril. Em todas as quatro estações, a umidade do solo no sistema silvipastoril foi maior do que no sistema de monocultura de gramíneas, especialmente na camada de 0–10 cm de profundidade.

Nota-se que Paciullo et al. (2008), obtiveram maior produção de matéria seca (MS) total para o capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) em condição de 50% de sombreamento, quando comparado com crescimento a pleno sol e a sombra de 18%, situação a qual contraria a diversos trabalhos que mostram menor produtividade sob sombra. Segundo os autores dois aspectos podem explicar a maior produtividade de matéria seca sob a sombra de 50%: primeiro que a menor densidade populacional de perfilhos pode ter sido compensada pelo aumento do peso de perfilhos, que é consequência da maior taxa de alongamento de folhas e colmos sob a sombra; e segundo porque sob a copa das árvores a maior decomposição de serapilheira das árvores leguminosas (*A. mangium*,

*A. angustissima* e *M. artemisiana*) podem ter aumentado a ciclagem de nutrientes no solo.

Características semelhantes foram observadas por Bernardino (2007), trabalhando com a adubação de fósforo e potássio em sistema silvipastoril no município de Paracatu (noroeste mineiro), no qual observou-se que no primeiro corte a produção e MS foi elevada de 262 kg ha<sup>-1</sup> para 398 kg ha<sup>-1</sup>, quando aplicado 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, e para 463 kg ha<sup>-1</sup> quando, aplicado 150 kg ha<sup>-1</sup> de N mais 100 kg ha<sup>-1</sup> de K, correspondendo a um aumento de 51,9% para o tratamento N150K0, e 66,4% para o tratamento N150K100. Foram verificados, ainda, incrementos de 59,6 e 118,8% no segundo corte, e 41,0 e 116,7% no terceiro corte, para tratamentos N150K0 e N150K100, respectivamente. O maior resultado da aplicação de potássio se deu nas duas últimas avaliações devido ao maior índice de chuva ocorrido no período. Segundo o autor mesmo com a reduzida incidência de luz solar encontrada no sub-bosque, o aumento nas taxas de produtividade foi oriundo do aumento do índice de área foliar (IAF) ocasionado pela adubação nitrogenada.

De acordo com Wilson (1998) dependendo do seu movimento durante o dia, a sombra pode reduzir a temperatura do solo entre 5 e 10° C, fato este que apresenta grande importância no crescimento das plantas, tanto pela redução do déficit hídrico, quanto pelo favorecimento da atividade microbiana na serapilheira. Sousa et al. (2007), ressalta que o menor nível de crescimento de gramíneas em SSP, mostra que outros fatores além da precipitação e umidade podem afetar o crescimento das mesmas.

Mudanças na interceptação da radiação solar causadas pelas árvores alteram o microclima no sistema silvipastoril e, além disso, há uma maior remoção de umidade do solo próximo à fileira de árvores em comparação ao centro do espaçamento entre fileiras de eucalipto, principalmente devido a maior exploração das árvores com raízes em maiores profundidades (PEZZOPANE et al., 2015). Essas mudanças podem explicar, no trabalho de Santos et al., (2016), a redução da massa seca acumulada e da taxa de acúmulo do capim Piatã (*Urochloa brizantha*) no período chuvoso nos tratamentos com eucalipto em relação ao controle sem árvores. Oliveira et al. (2014) também relataram uma maior massa seca do capim Piatã em área sem árvores em comparação ao sistema silvipastoril.

Campos et al. (2007b) trabalhando com a *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em sistemas silvipastoris em faixas de 30 m de largura, alternadas com faixas de 12 m de árvores, constituídas de 4 linhas com as espécies arbóreas *Acácia mangium*, *A. angustissima*, *Mimosa artemisiana* e *Eucalyptus grandis* em espaçamento 3 x 3 metros, obtiveram maiores taxas de alongamento de folhas sobre a copa de árvores, o que resultou em maior comprimento de folhas quando comparado as folhas sob crescimento a

pleno sol. Essa situação evidencia mudança no padrão de alocação de fotoassimilados pelas plantas a sombra, resultando em maior área foliar para captação de luz no ambiente com reduzida luminosidade.

Trabalhos conduzidos em Rio Branco, no Acre, mostraram que a *Urochloa brizantha* cv. Marandu apresentou maior resistência a sombreamento quando comparada a *Urochloa humidicola* cv. Quicuio-da-Amazônia, *Megathyrus maximus* cv. Massai e *Paspalum notatum* cv. Pensacola. Os decréscimos na taxa de acúmulo de matéria seca foram de 13 e 60% do capim-marandu, contra 17 e 50% do capim-massai, ambos sob 50 e 70% de sombra (ANDRADE et al., 2004). Embora este trabalho tenha mostrado bons resultados com questão à tolerância do capim marandu e do capim-massai a sombra, deve se ter cautela na análise de tais resultados uma vez que o trabalho foi conduzido sob sombra artificial, o que é diferente da sombra proporcionada pelo componente arbóreo do sistema silvipastoril.

Quando avaliado o consórcio de gramíneas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão em SSPs, Andrade et al. (2003) mostraram que independente do consórcio ou não, as gramíneas do gênero *Urochloa* foram aquelas que proporcionaram maior cobertura do solo, fato este que comprova também a maior produtividade de MS da *Urochloa* mesmo em condições de sombreamento. A Figura 1 mostra que a *U. brizantha* cv. Marandu, a *U. decumbens* e o capim-mombaça (*Megathyrus maximus*), principalmente quando consorciado com estilósantes, mesmo em condições de sombreamento foram as gramíneas que apresentaram maior capacidade de produção de forragem.

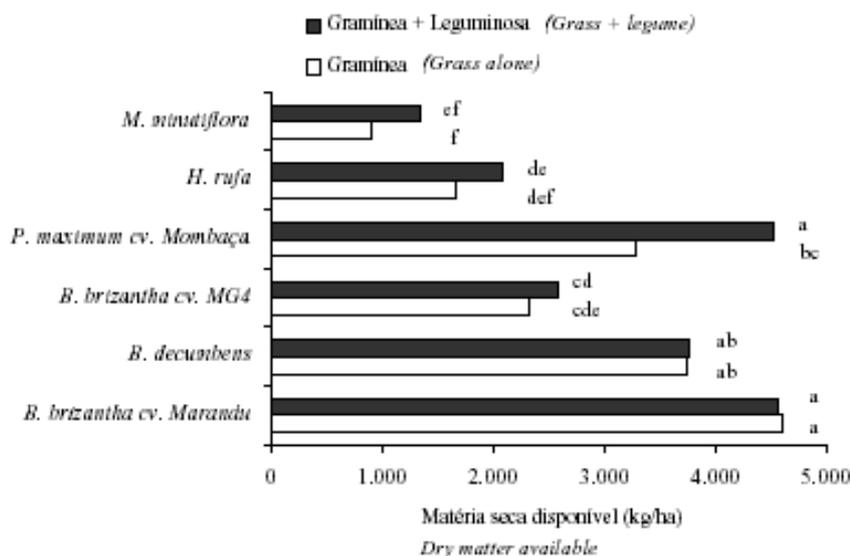
Pesquisas realizadas em Seropédica, RJ, avaliando a produção de matéria seca do capim-marandu em consórcio com leguminosas arbóreas, caracterizando os SSPs, mostraram benefícios da adição de espécies arbóreas de leguminosa em sistemas silvipastoris. A produção de matéria seca do capim-marandu encontrada na época da seca foi 147% superior ao sistema em monocultivo, sendo que na época das águas não houve diferença estatística significativa (SILVA et al., 2009).

Estudos realizados no Acre mostraram crescimento superior do capim-elefante cv. Napier e da cultivar Cameroon (*Pennisetum purpureum*) sob a copa de leguminosas arbóreas dispersas na pastagem. A cultivar Napier produziu 28% mais sob a copa de bordão-de-velho (*Samanea* sp.) totalizando 35.590 kg ha<sup>-1</sup> contra 23.390 kg ha<sup>-1</sup> a pleno sol. A cultivar Cameroon por sua vez produziu 18.485 kg ha<sup>-1</sup> sob a copa de timbaúba (*Enterolobium maximum*), contra 8.994 kg ha<sup>-1</sup> a pleno sol, evidenciando uma produtividade 110% maior do capim-cameroon sob a copa de timbaúba (FRANKE et al., 2001). Embora as plantas tenham sido cortadas apenas aos sete meses de idade, a superioridade das plantas sob a copa das

leguminosas arbóreas fica evidentemente comprovada.

A Tabela 1 mostra a taxa de acúmulo de matéria seca por hectare dia, em função do nível de

sombreamento, em estudo realizado em Rio Branco, no Acre, entre novembro de 1999 a abril de 2001 (ANDRADE et al., 2004).



**Figura 1** - Disponibilidade de matéria seca no sub-bosque de um sistema silvipastoril, em abril de 2000, dois meses após o pastejo por bovinos. Fonte: ANDRADE et al. (2003).

Pillar et al. (2001) evidenciaram a proposta tese de que plantas C4 são menos adaptadas a sombra do que plantas C3. Os resultados do trabalho mostraram que plantas C4 tendem a reduzir a sua cobertura de solo quando expostas a um incremento de sombreamento, enquanto as plantas C3 resistem mais a um nível intermediário de sombreamento, porém em condições de sombreamento intenso as plantas C3 também reduzem seu potencial de cobertura de solo.

O *Arachis pintoi* cv. Belmonte mostrou-se mais produtivo em níveis de sombreamento de 30 e 50% quando comparado ao *A. pintoi* cv. BRA-031143 e a *Pueraria phaseoloides* (ANDRADE et al., 2004). Porém visto que o fornecimento exclusivo de leguminosas pode ocasionar problemas metabólicos nos animais, trabalhos avaliando o consórcio de leguminosas e forrageiras em sistema silvipastoris têm sido desenvolvidos. Além disso, o consórcio de gramíneas e leguminosas tem mostrado benefícios a produtividade das gramíneas uma vez que a leguminosa tem a importante capacidade de fixação de N no solo.

Andrade et al., (2003) avaliaram o consórcio do estilosantes Mineirão com a *Brachiaria brizantha* cv. MG-4, *B. brizantha* cv. Marandu, *B. decumbens*, *Panicum Maximum* cv. Mombaça, *Hiparrhenia rufa* (capim Jaraguá) e *Melinis minutiflora* (capim gordura) e obtiveram bons resultados para a produção em consorciamento com o capim jaraguá e capim gordura, resultado intermediário para o capim-mombaça e MG-4, e os piores resultados com o capim-marandu e decumbens, embora as

diferenças nem sempre tenham sido significativamente estatísticas. Esses resultados mostram o que tem ocorrido comumente com o consórcio gramínea/ leguminosa, onde a agressividade da forrageira não permite o bom desenvolvimento e estabelecimento da leguminosa.

#### Composição química de forrageiras no sistema silvipastoril

As condições ambientais onde as plantas forrageiras se desenvolvem está diretamente ligada à sua produtividade, e conseqüentemente à sua composição química e, portanto, com a digestibilidade de seus nutrientes e sua eficiência de utilização (COSTA et al., 2004).

Os fatores ambientais alterados pelo sombreamento tem um efeito profundo na qualidade da forragem, uma vez que a digestibilidade de matéria seca e teor de nutrientes é determinada pela anatomia, morfologia e composição química da planta forrageira (LIN et al., 2001).

Segundo Allard et al. (1991), gramíneas cultivadas sob sombra apresentam maiores teores de proteína bruta (PB) e maiores concentrações de nitrogênio não-protéico. Existem várias hipóteses para o aumento da concentração de nitrogênio em folhas sob a sombra. Wilson (1996) associou este fato à maior decomposição e mineralização da matéria orgânica (MO) do solo devido à maior umidade do solo. Outras explicações são um aumento na concentração de clorofila, atraso na maturidade fisiológica e acúmulo de nitratos (NASCIMENTO et al., 2019).

**Tabela 1** - Taxa de acúmulo de matéria seca (kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) de quatro gramíneas e três leguminosas, em função do nível de sombreamento artificial e época do ano.

Forrageira	Período chuvoso	Período seco	Taxa de acúmulo (%)
	Pleno sol		
Marandu	56,1a	35,6a	64
Massai	56,3a	28,6a	51
Quicuío-da-amazônia	54,0a	12,4b	23
Pensacola	11,0b	6,6b	60
	30% de sombra		
Marandu	62,8a	51,0a	81
Massai	57,2ab	40,1b	70
Quicuío-da-amazônia	49,2b	30,2b	61
Pensacola	13,0c	14,7c	113
	50% de sombra		
Marandu	48,1a	48,7a	101
Massai	47,0a	34,7ab	74
Quicuío-da-amazônia	45,8a	24,3b	53
Pensacola	22,9b	21,7b	95
	70% de sombra		
Marandu	22,6a	31,3a	138
Massai	28,1a	32,8a	117
Quicuío-da-amazônia	7,0b	9,1b	130
Pensacola	9,6b	15,0b	156
	Pleno sol		
<i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte	59,2a	23,0a	39
<i>Arachis pintoi</i> BRA-031143	41,5b	23,0a	55
<i>Pueraria phaseoloides</i>	39,3b	8,8b	22
	30% de sol		
<i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte	53,6a	25,5a	47
<i>Arachis pintoi</i> BRA-031143	30,0b	13,6ab	55
<i>Pueraria phaseoloides</i>	20,1b	11,8b	59
	50% de sol		
<i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte	46,0a	22,8a	49
<i>Arachis pintoi</i> BRA-031143	11,8c	10,5b	89
<i>Pueraria phaseoloides</i>	20,8b	10,2b	49
	70% de sol		
<i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte	22,4a	3,2a	14
<i>Arachis pintoi</i> BRA-031143	12,9a	3,6a	28
<i>Pueraria phaseoloides</i>	12,6a	3,2a	26

<sup>(1)</sup>Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>(2)</sup>Taxa de acúmulo de MS obtida no período seco, em relação à do período chuvoso.

Fonte: ANDRADE et al. (2004).

Avaliando as características químicas de 30 espécies de forrageiras (gramíneas e leguminosas de clima tropical e temperado), Lin et al. (2001), observaram que, no geral, as concentrações de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) da maioria das espécies estudadas foram aumentadas ou afetadas pelo sombreamento. De acordo com os autores, esses resultados estão relacionados ao aumento do teor de parede celular à sombra, que pode ser associado com a porcentagem decrescente de carboidratos não-estruturais (ou seja, amido e açúcares solúveis) causado pela sombra. O aumento da luz faz com que haja um maior acúmulo de açúcares solúveis e amido nas folhas. Os autores também observaram que o teor de PB aumentou com a sombra em todas as gramíneas selecionadas, mas a mudança foi menor nas leguminosas.

Trabalhos realizados por Mauricio et al. (2007) em Lagoa Santa – Minas Gerais, no ano agrícola de 2004-2005, avaliando a composição bromatológica da *U. brizantha* cv. Marandu em SSP com *Zeyheria tuberculosa* encontraram os seguintes

resultados: não houve relação entre a produção de PB nos dois tratamentos; o teor de FDN não foi influenciado pelos tratamentos, entretanto o teor de FDA no tratamento com sombreamento foi maior ( $P < 0,05$ ) (Tabela2).

Castro et al. (2009) observaram que no inverno ou em períodos de menor pluviosidade, forragens obtidas em pastagens sombreadas apresentavam maior digestibilidade “in vitro” da matéria seca do que forragens colhidas em áreas sem influência das árvores.

Balheiro et al. (2004), ressalta que grande quantidade de estudos tem demonstrado aumento significativo de K na parte aérea de diversas forrageiras quando estas foram submetidas a sombra natural ou artificial. Oliveira et al. (2007) trabalhando em sistemas silvipastoris com diferentes arranjos no noroeste mineiro, encontraram maiores teores de K, Ca e Mn em braquiárias cultivadas sobre a linha de plantio independentemente do arranjo, e maiores teores de Zn e Mg nas entrelinhas, porém para F e Cu não houve diferença significativa nas linhas e entre linhas.

No trabalho de Franke et al. (2001) o teor de N da forragem total, folhas e talos foi mais alto no capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) que estava sob a copa de timbaúba, do que estava a pleno sol, e teor de N mais alto foram encontrados nas folhas de capim que estava sob a copa de bordão-develho, quando comparado ao capim que estava a pleno sol. Porém os teores de P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Zn da forragem total, das folhas e talos do capim foram semelhantes em todas as situações. Deve se ressaltar que as leguminosas arbóreas se

encontravam dispersas na pastagem, fato este que permitiu maior absorção de luz pela forrageira que estava sob a copa das árvores.

A Tabela 3 nos mostra o acúmulo de N da *U. brizantha* e *M. maximus* cv. Vencedor, sendo que estas gramíneas apresentaram bom crescimento na sombra em relação ao solo com total incidência de luz solar, mostrando também que a acumulação de N foi 47 e 22%, respectivamente maior na sombra (Carvalho et al., 1997).

**Tabela 2** – Produção de matéria seca (MS), produção de proteína bruta (PB), teores de MS, PB, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e matéria mineral (MM) dos sistemas com *Zeyheria tuberculosa* (T1) e controle (T2).

Tratamento	Ms (ton/ha) <sup>1</sup>	PB (kg/ha) <sup>1</sup>	MS (%)	PB* (%)	FDN* (%)	FDA* (%)	MM* (%)
T1	1,2b	118,7a	22,1b	9,7a	67,7a	34,2a	8,1a
T2	1,7a	117,5a	26,6a	6,9b	68,0a	32,1b	7,9a
DMS	0,2	22,2	1,2	0,6	1,0	1,1	0,4
CV (%)	20,2	24,0	6,4	9,0	1,9	4,5	6,5

Valores seguidos por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

<sup>(1)</sup>Média por corte, DMS= diferença mínima significativa pelo Teste de Tukey (P<0,05), CV= coeficiente de variação.

\* Percentual da base seca.

Fonte: MAURICIO et al. (2007).

**Tabela 3** – Produção de matéria seca e acumulação total de nitrogênio de seis gramíneas em um sub-bosque de angico-vermelho e em área de sol.

Espécie	Produção de MS			Acumulação de N na biomassa		
	Sol kg.ha <sup>-1</sup>	Sombra kg.ha <sup>-1</sup>	Prod. Relativa (%)	Sol kg.ha <sup>-1</sup>	Sombra kg.ha <sup>-1</sup>	Prod. Relativa (%)
<i>U. brizantha</i>	7.051	6.901	98	83,5	122,7	147
<i>M. maximus</i>	8.220	6.310	77	99,4	121,3	122
<i>U. decumbens</i>	9.974	6.337	63	102,6	101,4	99
<i>S. spchacelata</i>	5.275	2.297	43	56,2	34,0	60
<i>A. gayanus</i>	13.334	5.533	41	149,5	89,3	60
<i>M. minutiflora</i>	7.183	2.573	36	82,1	53,9	66

Fonte: CARVALHO et al. (1997).

#### Morfogênese de Gramíneas em Sistema Silvipastoril

A exploração bem-sucedida dos sistemas silvipastoris requer o uso de espécies forrageiras tolerantes às condições impostas pela presença de árvores, como o sombreamento (GOBBI, 2007). Segundo Wong (1991) a tolerância ao sombreamento pode ser definida como o desempenho de crescimento relativo de plantas à sombra em relação ao em pleno sol, influenciada pela desfolha regular. No entanto, o ambiente silvipastoril (sombreamento) proporciona condição microambiental normalmente muito mais dinâmica que a encontrada em pastos a pleno sol (GARCEZ NETO et al., 2010). Essas variações microclimáticas, ao alterarem significativamente a direção das mudanças morfológicas, acabam determinando uma condição estrutural própria de um ambiente completamente diferente da situação a pleno sol. Nessas condições, a estrutura da forrageira tomada como referência para o manejo deve ser analisada em conjunto com a capacidade de adaptação morfológica das espécies ao ambiente sombreado. Normalmente, o sombreamento causado pelas árvores leva à redução na radiação incidente e na relação do espectro da luz (e.g. vermelho: vermelho-extremo) (FELDHAKÉ, 2001), causando mudanças

significativas na morfologia de muitas forrageiras (LIN et al., 1999).

Conhecimentos básicos sobre as respostas ecofisiológicas e as variáveis morfogênicas, que determinam o surgimento e morte dos tecidos da planta, constituem ferramenta importante para o manejo de pastagens de gramíneas (CAMPOS et al., 2007a). O aparecimento e crescimento de folhas e perfilhos possibilitam a restauração da área foliar após o pastejo e auxiliam na manutenção da produção de forragem.

Estudos envolvendo características morfogênicas são importantes, pois fornecem informações detalhadas do crescimento vegetal e, se devidamente analisadas, podem propiciar estratégias de manejo que aumentem a eficiência do sistema solo-planta-animal (GOMIDE et al., 2006). Gobbi (2007) afirma que dentre as modificações morfológicas induzidas pela sombra, que interferem na quantidade e qualidade da forragem, destacam-se a área, comprimento, espessura e orientação da lâmina foliar, comprimento do colmo e pecíolo, número de folhas e relação lâmina foliar/colmo.

Assim, Garcez Neto et al. (2010) trabalhando com diferentes níveis de atenuação luminosa (0, 25, 50 e 75%) e padrões de

distribuição da luz (contínuo e alternado) sob três períodos de crescimento (estabelecimento, primeira e segunda rebrotação), a fim de avaliar as características de adaptação morfológica do azevém-perene (*Lolium perenne* cv. Nui), dátilo (*Dactylis glomerata* cv. Vision) e trevo-vermelho (*Trifolium pratense* cv. Pawera), observaram que a maioria das características morfológicas avaliadas respondeu significativamente ao sombreamento. Apenas a área foliar da folha mais nova completamente expandida e a relação lâmina foliar/colmo do dátilo não apresentaram resposta significativa aos níveis de sombreamento. De modo contrário, apenas o comprimento do pseudocolmo do azevém-perene e o pecíolo do trevo-vermelho responderam ao padrão de sombreamento.

Lin *et al.* (2001) observaram em seu estudo que o desenvolvimento morfológico revelou que as plantas cultivadas sob sombreamento tiveram aumento da área foliar, comprimento de internódio, e diminuição do peso específico de folha seca em todas as 30 espécies estudadas. Embora as espécies C3 e C4 geralmente exibem diferentes respostas fotossintéticas para sombra, medido pelo rendimento de forragem e taxa de crescimento, apresentam respostas morfológicas semelhantes à sombra.

Em trabalho realizado com *Urochloa brizantha* e *Urochloa humidicola*, em 0 e 70% de sombreamento, Dias-Filho (2002) observou que ambas as espécies foram capazes de ajustar o processo fotossintético ao sombreamento. O ponto de compensação de luz, ou seja, o nível de radiação onde a taxa fotossintética líquida é igual a zero, foi menor nas plantas sombreadas. Entretanto, a capacidade fotossintética de ambas as espécies foi reduzidas quando mantidas em sombreamento permanente.

Campos *et al.* (2007b) com o intuito avaliarem as características morfogênicas e estruturais da *U. decumbens* em duas condições de sombreamento, dentro de um sistema silvipastoril, e a pleno sol, em cultivo exclusivo, observaram que a taxa de alongamento de folhas variou de acordo com a interação condição de radiação solar recebida x estação do ano; a taxa de alongamento do colmo foi maior na sombra intensa e menor na sombra parcial, enquanto a pleno sol, foram observados valores intermediários. As maiores taxas de alongamento de folhas na sombra intensa, especialmente no outono, evidenciaram uma modificação no padrão de alocação de carbono do relvado, em relação ao crescimento a pleno sol, do que resultaria maior área foliar para captação de luz no ambiente de reduzida luminosidade. Segundo os autores esses resultados indicaram que o sombreamento influencia positivamente as taxas de alongamento de folhas e colmos, bem como o comprimento final das lâminas foliares.

Com o mesmo intuito Paciullo *et al.* (2008) avaliaram em diferentes estações do ano, a produção de matéria seca e as características

morfogênicas e estruturais de pastos de *U. decumbens*, em três ambientes diferenciados em termos de radiação incidente, observaram que a taxa de alongamento de folhas variou em função da interação entre o grau de sombreamento e a estação do ano. Esses autores notaram que sob o sombreamento de 50%, as taxas de alongamento foliar foram 13, 117 e 118% maiores que aquelas obtidas a pleno sol, no verão, outono e primavera, respectivamente, o que evidencia uma mudança no padrão de alocação de fotoassimilados pelas plantas, que resultou em maior área foliar para captação de luz em ambiente com reduzida luminosidade.

#### *Composição Botânica de pastagens em Sistema Silvipastoril*

A composição botânica de uma pastagem pode está relacionada à degradação da mesma, isto é, aumento na proporção de plantas daninhas arbórea-arbustiva (invasoras) e da consequente diminuição da proporção de capim. Em decorrência da pressão de pastejo e sistema de pastejo, as principais respostas da interação pastagem x animal podem ocorrer sob a forma de modificações na composição botânica do extrato herbáceo da pastagem, ocorrência de plantas invasoras, pragas e doenças (DUTRA *et al.*, 2007).

Sempre que possível, deve-se deixar uma área com pastagem fora do bosque e deixar de reserva, principalmente nas épocas de mudanças de estações climáticas, pois a dinâmica da composição botânica da vegetação herbácea é bastante alterada sob condições de sombreamento, principalmente com o aumento de infestações de plantas daninhas, que competem com a pastagem nas condições de sub-bosque (VEIGA & SERRÃO, 1990).

Segundo Martins *et al.* (2007) as pastagens nativas por apresentarem uma composição botânica rica e variável necessitam de um estudo desta composição, quando em sistema silvipastoril, para se avaliar o nível de qualidade e quantidade de espécies espontâneas, bem como a biodiversidade natural da área.

Baggio & Schreiner (1988) efetuaram uma análise parcial de um sistema silvipastoril em florestas de produção, envolvendo *Pinus elliottii* e gado de corte. Os autores observaram que no primeiro ano de experimento destacaram-se as gramíneas *Panicum glutinosum*, *P. millegrama* e afins e *Axonopus* spp. Porém, dois anos mais tarde, reduziu-se a presença de *P. glutinosum* enquanto que as de *P. millegrama* e de *Axonopus* spp cresceram (Tabela 4). Isto pode ser explicado em função do hábito vegetativo das três espécies e de suas implicações no pastejo dos animais. *Axonopus* é uma planta rasteira, ao passo que *P. glutinosum* forma maior volume de massa verde (tanto vertical, como lateralmente), apresentando assim maior crescimento.

Tabela 4 - Levantamento botânico (% de cobertura) do sub-bosque em dezembro de 1981, novembro de 1983 e julho de 1984, nas áreas de amostragem 1 a 5 com e sem pastoreio.

Cobertura	Sem pastoreio			Com pastoreio		
	dez/81	nov/83	jul/84	dez/81	nov/83	jul/84
<i>Panicum glutinosum</i>	27	15	10	26	12	08
<i>Panicum millegrama</i>	27	09	10	17	23	22
spp afins						
<i>Axonopus</i> spp.	02	02	02	11	22	21
<i>Bambusea</i>	02	16	17	01	03	02
<i>Bromus branchyanthera</i>	02	01	00	00	00	00
Andropogêneas diversas	02	02	03	01	03	03
Gramíneas diversas	05	06	06	05	07	07
Leguminosas	03	02	01	03	01	01
<i>Rhynchospora splendens</i>	02	03	00	00	01	03
Outras ciperáceas	00	01	00	00	00	02
Dicotilêneas	12	12	16	18	08	07
Outras espécies	08	01	00	06	01	00
Solo descoberto	08	00	00	12	00	00
Acículas (folhas de pinus)	00	30	35	00	19	24

Fonte: BAGGIO & SCHREINER (1988).

Martins *et al.* (2007) objetivaram em seu trabalho avaliar a composição botânica de um campo nativo melhorado em um sistema silvipastoril no qual os tratamentos foram compostos por cinco combinações de adubações. Observaram que não houve influência dos tratamentos sob a proporção de gramíneas de folha larga, espécies cultivadas e material morto. Notaram-se também, que a proporção de *U. humidicula* nos tratamentos que receberam duas fontes de nutrientes diferiu significativamente ( $P < 0,05$ ) do tratamento testemunha e dos que receberam 3 ou 4 fontes de nutrientes (Tabela 5).

#### *Interceptação Luminosa nas pastagens em um Sistema Silvipastoril*

A interceptação luminosa (IL), segundo Cunha *et al.* (2007), é o elemento primordial na determinação do acúmulo bruto inicial de forragem, pois determina quanto da radiação incidente é aproveitada pelas folhas no processo de fotossíntese.

A radiação solar interceptada e absorvida pelas folhas e a eficiência com que essas convertem a energia radiante em energia química, através da fotossíntese, é que garante a produção final de matéria seca de uma planta, processo de conversão este em que é utilizada apenas uma fração da radiação global (McCREE, 1972).

No caso de sistema silvipastoril, além da redução da quantidade de radiação incidente, ocorrem mudanças nas características espectrais da luz solar, com aumento do espalhamento da mesma, ou seja, aumento da radiação difusa, que por ser multidirecional, torna-se também eficiente, devido à melhor penetração no dossel vegetal. Neste sistema, existe heterogeneidade horizontal na radiação interceptada, pois sob as árvores, ocorre uma ampla variação espacial e temporal da radiação solar devido a mudanças do ângulo de

incidência dos raios solares por entre as árvores (LUCAS, 2004).

Segundo Lucas (2004,) é dinâmico e mutável o nível de radiação solar que atinge o estrato herbáceo ao longo da evolução do sistema silvipastoril. A quantidade e a qualidade desta radiação estão intrinsecamente relacionadas com o crescimento das árvores que se altera com a idade das mesmas, com a densidade utilizada e com o direcionamento das fileiras das árvores, o qual interage com a latitude do local. O posicionamento do sol ao longo do ano (estações climáticas) também interfere na quantidade da radiação que chega até o sub-bosque, devido às modificações do ângulo incidente do raio solar. O autor também afirma que o manejo constituído por desbastes (retirada das árvores) e desrama (retirada dos ramos laterais das árvores) proporciona maior penetração de radiação solar no sub-bosque, potencializando o desenvolvimento do pasto.

Através do dossel da vegetação arbórea, a qualidade e a quantidade de luz transmitida ao sub-bosque se alteram, em função do crescimento das árvores. Plantas mantidas em plena luz interceptam uma proporção de radiação fotossinteticamente ativa bem maior do que plantas mantidas em sub-bosque (WILSON & LUDLOW, 1990).

Para a maioria das espécies, os efeitos adversos de sombra será quase certamente cumulativo com pastejos sucessivos, de modo que para as plantas sobreviverem os intervalos de pastejo não devem ser prolongados a medida que avança o tempo e sombreamento. Espécies tolerantes a pastejos próximos um do outro serão particularmente importante em condições de sombra, e a capacidade de reter alguma área foliar sem pastejo pode tornar-se vital para manter a quantidade de radiação interceptada o mais alto possível (WILSON & LUDLOW, 1990).

A interceptação luminosa não depende somente dos valores de índice de área foliar (IAF), mas também de fatores como ângulo foliar, disposição das folhas no dossel, entre outros (HAYNES, 1980). Paciullo et al. (2007) observaram em seu estudo que a baixa luminosidade promoveu alterações morfológicas no dossel de *U. decumbens* que permitiram aumentar a interceptação com baixo valor de IAF. Por observações visuais, constatou-se que as plantas que se desenvolviam sob as copas das árvores apresentavam arquitetura foliar mais horizontal (planófila), em relação àquelas desenvolvidas sob radiação solar plena, o que pode ter provocado aumento no grau de atenuação da luz ao atravessar o dossel. Deve-se considerar, também, que a maior proporção de radiação difusa na pastagem arborizada, provavelmente, contribuiu para maior interceptação da radiação pela braquiária.

Também, Castro et al. (1999) observaram que a espécie *U. decumbens*, cultivada em condições de sombreamento artificial moderado (30% em relação à radiação fotossinteticamente ativa plena), produziu 70% da quantidade de forragem obtida a pleno sol. No mesmo estudo, os autores concluíram que as espécies *Panicum maximum* e *Setaria sphacelata* foram as mais tolerantes ao sombreamento e atingiram, respectivamente, à sombra moderada, 119,7 e 100,5% da produção de matéria seca obtida a pleno sol.

Além disso, Castro & Carvalho (2000) objetivaram estudar o florescimento de seis espécies de gramíneas forrageiras tropicais submetidas a três regimes de luminosidade (0, 30 e 60% de sombra), constataram que a redução de 60% da intensidade luminosa por sombreamento artificial no ambiente de cultivo afetou negativamente o florescimento das principais gramíneas forrageiras tropicais *Andropogon gayanus*, *Urochloa brizantha*, *Urochloa decumbens*, *Melinis minutiflora*, *Megathyrsus maximus* e *Setaria sphacelata*, o que não se verificou com intensidade inferior de sombreamento (30%). Entretanto, neste trabalho o capim-andropogon apresentou maior densidade de inflorescências, demonstrando melhor adaptação ao sombreamento do que as demais espécies.

Embora a luz não seja normalmente considerada um recurso limitante em pastagens tropicais, gramíneas forrageiras nesse ambiente podem ser submetidas à reduções consideráveis da luz disponível (HUMPHREYS, 1991). Esta condição é geralmente uma consequência da introdução intencional de espécies de árvores, ou a proliferação de ervas daninha em áreas de pastagem ativa, o estabelecimento de pastagens em plantações, ou, até mesmo redução na quantidade de luz do sol diurna e sazonal, devido à cobertura de nuvens (DIAS-FILHO, 2002).

**Tabela 5** - Composição botânica de um campo nativo melhorado em um SSP.

Tratamentos	<i>Urochloa humidicula</i>	Gramma folha larga	Material morto	Cultivadas	Outras
T <sub>Ad</sub>	61,4a	14,45	14,75	4,5	2,9c
T <sub>CamAd</sub>	60,95a	12,10	17,90	5,40	2,91c
T <sub>FosAd</sub>	54,48a	4,02	23,46	0,39	15,83bc
T <sub>Test</sub>	8,88a	0	8,88	0,1	78,7a
T <sub>CamFosAd</sub>	3,07c	25	12,46	2,15	53,43a
T <sub>CamFosGessoAd</sub>	20,44bc	26,66	10,8	5,22	40,33ab
T <sub>CamFosGesso</sub>	46,25ab	22,31	20,06	1,56	9,18c

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: MARTINS et al. (2007).

### Considerações Finais

Em razão do sombreamento, o componente arbóreo pode exercer grande influência sobre a forrageira utilizada. Práticas de manejo devem ser adotadas com o intuito de manter uma produção de matéria seca suficiente para alimentar os animais em todos os períodos do ano, além do alto valor nutritivo da forrageira, sem comprometer a persistência da componente forrageiro ao longo dos anos. Tais práticas são resultado do reconhecimento da necessidade de se conduzir tais sistemas em favorecimento do solo, dos animais, e das gerações futuras

### Referências

ALLARD, G.; NELSON, C. J.; PALLARDY, S. G. Shade effects on growth of tall fescue: I. Leaf anatomy and dry matter partitioning. *Crop Science*, 31: 163–167, 1991.

ANDRADE, C. M. S.; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J.D.; VAZ, F. A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.3, p. 263-270, 2004.

ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G.; SOUZA, A. L. 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).

BAGGIO, A. J. & SCHREINER, H. G. Análise de um sistema silvipastoril com *Pinus elliottii* e gado de corte. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 16, p.19-29, dez. 1988.

- BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A. A.; DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; CAMPELLO, E. F. C. Sistemas agrossilvipastoris: a importância das leguminosas arbóreas para as pastagens na região centro-sul. In: 41ª. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 41, Campo Grande, 2004. Anais... Campo Grande, 2004.
- BERNARDINO, F. S. Sistema silvipastoril com eucalipto: Produtividade do sub-bosque e desempenho e desempenho de novilhos sob fertilização Nitrogenada e Potássica. 2007. 112p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 2007.
- CAMPOS, N. R.; PACIULLO, D. S. C.; TAVELA, R. C.; COSTA, F. J. N. Dinâmica do crescimento de *Brachiaria decumbens* sob condições de sombreamento natural e radiação solar plena. In: VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 2007, Caxambu. Anais... Caxambu: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECOLOGIA, 2007a.
- CAMPOS, N. R.; PACIULLO, D. S. C.; BONAPARTE, T. P. *et al.* Características Morfogênicas e Estruturais da *Brachiaria decumbens* em Sistema Silvipastoril e Cultivo Exclusivo. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 819-821, jul. 2007b.
- CASTRO, C. R. T. & CARVALHO, M. M. Florescimento de gramíneas forrageiras cultivadas sob luminosidade reduzida. Ciência Rural, Santa Maria, v. 30, n. 1, p.163-166, 2000.
- CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. Revista Brasileira de Zootecnia, v.28, p.919-927, 1999.
- CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; MÜLLER, M. D.; NASCIMENTO JÚNIOR, E. R. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em Sistema Silvipastoril. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, n.60, p. 19-25, dez. 2009.
- COSTA, N. L.; MAGALHÃES, J. A.; TOWNSED, C. R.; PEREIRA, R. G. A.; PAULINO, V. T. Sistemas silvipastoris em Rondônia Porto Velho - Rondônia. EMBRAPA, 2004, 18p, (Embrapa Rondônia. Documentos nº 86).
- CUNHA, M. V.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; MELLO, A. C. L.; FREITAS, E. V.; APOLINÁRIO, V. X. O. Genótipos de capim elefante sob pastejo no período de seca na Zona da Mata de Pernambuco: fatores relacionados à eficiência de pastejo. Revista Brasileira de Zootecnia. Viçosa-MG, v. 36, n. 2, p. 291-300. 2007.
- DEINUM, B.; SULASTRI, R. D.; ZEINAB, M. H. J.; MAASSEN, A. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. Trichoglume). Netherlands Journal of Agricultural Science, v.44, p.111-124, 1996.
- DIAS-FILHO, M. B. Photosynthetic light response of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *Brachiaria humidicola* under shade. Scientia Agricola, Piracicaba, v.59, n.1, p.64-68, 2002.
- DIAS-FILHO, M. B. Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas. In: Gonzaga Neto, S.; Costa, R.G.; Pimenta Filho, E.C.; Castro, J.M. da C. (Eds.) SIMPÓSIO DA REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43. João Pessoa, Anais... João Pessoa: SBZ: UFPB, 2006 (Suplemento Especial da Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, 2006). P. 535-553. 2006.
- DOSSA, D. & MONTOYA VILCAHUAMAN, L. J. A atividade florestal e agroflorestal como alternativas de renda aos produtores rurais. Embrapa Florestas-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2001.
- DUTRA, S.; VEIGA, J. B.; MANESCHY, R. Estrutura de sistemas silvipastoris na região nordeste paraense. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 64; Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007.
- FELDHAKKE, C. M. Microclimate of a natural pasture under planted *Robinia pseudoacacia* in central Appalachia, West Virginia. Agroforestry Systems, v.53, p.297-303, 2001.
- FRANKE, I. L.; MIRANDA, E. L.; VALENTIM, J. F.; VAZ, F. A. Efeito do sombreamento natural na produtividade e na composição química de capim-elefante no Acre. Rio Branco, EMBRAPA-CPFAC/AC, 2001, 5p, (EMBRAPA-CPAFC/AC. Comunicado técnico, nº116).
- GARCEZ NETO, A. F.; GARCIA, R.; MOTT, D. J. *et al.* Aclimação morfológica de forrageiras temperadas a padrões e níveis de sombreamento. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, n.1, p.42-50, 2010.
- GARCIA, R. & COUTO, L. Sistemas silvipastoris: tecnologia emergente de sustentabilidade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. Anais... Viçosa: DZO/UFV, 1997, p.447-471.
- GOBBI, K.F. Características morfoanatómicas, nutricionais e produtividade de forrageiras tropicais submetidas ao sombreamento. 2007. 110 p. Tese

- (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; PACIULLO, D. S. C. Morfogênese como ferramenta para o manejo de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA 43., 2006. João Pessoa. Anais... João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006..
- LIMA, M. A.; PACIULLO, D. S.; MORENZ, M. J.; GOMIDE, C. A.; RODRIGUES, R. A.; & CHIZZOTTI, F. H. Productivity and nutritive value of *Brachiaria decumbens* and performance of dairy heifers in a long-term silvopastoral system. *Grass and Forage Science*, v.74, n.1, p.160-170, 2019.
- LIN, C. H.; MCGRAW, R. L.; GEORGE, M. F.; et al. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forages species with agroforestry potential. *Agroforestry Systems*, v.59, p.269-281, 2001.
- LIN, C. H.; MCGRAW, R. L.; GEORGE, M. F.; et al. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. *Agroforestry Systems*, v.44, p.109-119, 1999.
- LUCAS, N. M. Desempenho animal em sistema silvipastoril com Acácia-Negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) e rendimento de matéria seca de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob dois regimes de luz solar. 2004. 131 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.
- MARTINS, C. E. N.; VIEIRA, A. N. R.; DA SILVA, V. P.; VICENZI, M. L.; QUADROS, S. A. F.; FEISTAUER, D.; APA, H. C. G. R.; OURIQUES, M.; PROBST, R.; PATRICIO, L. A. Avaliação da composição botânica de um campo nativo melhorado em um sistema silvipastoril. Resumos do II Congresso Brasileiro de Agroecologia. In: Rev. Bras. Agroecologia, v.2, n.1, fev. 2007.
- McCREE, K. J. Test of current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis data. *Agricultural Meteorology*, v. 10, p. 443-453, 1972.
- NASCIMENTO, H. L. B.; PEDREIRA, B. C.; SOLLENBERGER, L. E.; PEREIRA, D. H.; MAGALHÃES, C. D. S.; CHIZZOTTI, F. H. M. Physiological characteristics and forage accumulation of grazed Marandu palisade grass (*Brachiaria brizantha*) growing in monoculture and in silvopasture with *Eucalyptus urograndis*. *Crop and Pasture Science*, v. 70, n. 4, p. 384-394, 2019.
- OLIVEIRA, C. C. D.; VILLELA, S. D. J.; ALMEIDA, R. G. D.; ALVES, F. V.; BEHLING-NETO, A.; MARTINS, P. G. M. D. A., Performance of Nelore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production systems. *Trop. Anim. Health Pro.*, v. 46, p. 167–172, 2014.
- OLIVEIRA, T.; K. MACEDO, R. L. G.; SANTOS, P. A.; HIGASHIKAWA, E. M.; VENTURIN, N. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst.es A. Rich.) Stapf cv. Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 3, p. 748-757, maio/jun., 2007.
- PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; MAURÍCIO, R. M.; FERNANDES, P. B.; MORENZ, M. J. F. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. *Grass and forage Science*, v. 72, n. 3, p. 590-600, 2017.
- PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; TAVELA, R. C.; ROSSIELLO, R. O. P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.43, n.7, p.917-923, jul. 2008.
- PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.42, n.4, p.573-579, 2007.
- PEZZOPANE, J. R. M.; BOSI, C.; NICODEMO, M. L. F.; SANTOS, P. M.; CRUZ D. P. G.; PARMEJIANI, R. S. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. *Bragantia*, v. 74, p. 110–119, 2015.
- PILLAR, V. P.; BOLDRINI, I. L.; LANGE, O. Padrões de distribuição espacial de comunidades campestres sob plantio de eucalipto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 6, p. 753-761, 2002.
- SILVA, L. L. G.; RESENDE, A. S.; DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; MIRANDA, C. H. B.; FRANCO, A. A. Acúmulo de matéria seca e valor nutricional da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistema silvipastoril e no monocultivo. In: VII Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 2009, Luziânia. Anais... Luziânia: EMBRAPA, 2009. 4p.
- VALLADARES, F. & NIINEMETS, Ü. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, v. 39, p. 237–257, 2008.

WILSON, J. R. & LUDLOW, M. M. The environment and potential growth of herbage under plantation. In: WORK SHOP, 32., 1990, Sanur Beach, Bali-Indonesia. Proceeding.... Sanur Beach: Australian Center for International Agricultural Research, 1990. p. 10-24.

WONG, C. C. Shade tolerance of tropical forages: a review. In: SHELTON, H.M., STUR, W.W. (Eds). Forages for plantation crops. ACIAR Proceedings n° 32, Canberra, 1991. P. 64-69.