



Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão

André Brugnara Soares¹, Laércio Ricardo Sartor², Paulo Fernando Adami³, Alexandre Costa Varella⁴, Lidiane Fonseca⁵, Jean Carlos Mezzalira⁶

¹ UTFPR, Bolsista PET, Pato Branco - PR.

² Graduando do Curso de Agronomia da UTFPR, Pato Branco - PR. Bolsista CNPq/PIBIC.

³ Graduando do Curso de Agronomia da UTFPR, Pato Branco - PR. Bolsista Embrapa.

⁴ Embrapa Pecuária Sul, Bagé - RS e Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

⁵ Graduando do Curso de Agronomia da UTFPR, Pato Branco - PR. Bolsista PET.

⁶ Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS.

RESUMO - Objetivou-se avaliar o comportamento de espécies forrageiras (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cvs. Tanzânia, Aruana e Mombaça, *Hemarthria altissima* cv. Florida; *Paspalum notatum* cv. Pensacola, *Axonopus catharinensis*, *Cynodon* sp. híbrido Tifton-85; *Arachis pintoii* cvs. Alqueire e Amarillo) submetidas a diferentes níveis de luminosidade produzidos por árvores de *Pinus taeda* (céu aberto; 9 m entre linhas e 3 m entre árvores; e 15 m entre linhas e 3 m entre árvores). Avaliaram-se a produção de MS, a relação lâmina foliar:colmo (L:C), o nível de florescimento das plantas, os teores de PB e FDN e as variáveis meteorológicas e do solo, na projeção da copa e no meio da entrelinha de árvores, de cada parcela. A produção de MS foi afetada negativamente pelo sombreamento, por outro lado, o teor de PB foi maior nas parcelas sombreadas em relação ao pleno sol. Além da menor radiação, a velocidade do vento e a temperatura do solo nas parcelas sombreadas foram menores naquelas a sol pleno. O teor de FDN não diferiu significativamente entre os níveis de luminosidade, embora a relação L:C tenha sido maior na entrelinha do 9 × 3 m relação àquela a céu aberto. As espécies forrageiras mais produtivas e com maior potencial para utilização em ambiente silvipastoril foram: *Axonopus catharinensis* e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Palavras-chave: produção de forragem, sistema silvipastoril, sombreamento

Influence of luminosity on the behavior of eleven perennial summer forage species

ABSTRACT - The behavior of forage species (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cvs. Tanzânia, Aruana and Mombaça, *Hemarthria altissima* cv. Florida; *Paspalum notatum* cv. Pensacola, *Axonopus catharinensis*, *Cynodon* sp. hybrid Tifton-85; *Arachis pintoii* cvs. Alqueire and Amarillo) submitted to different radiation levels produced by *Pinus taeda* trees (open sky, 9 meters between tree rows and 3 meters within the row and 15 meters between tree rows and 3 meters within the row) was evaluated in this trial. Variables such as forage biomass production, leaf to stem ratio, plant height, flowering rate, nutritional value of leaves, meteorological and soil variables under the tree canopy and between rows were evaluated. The forage production was negatively affected by shading, but forage crude protein increased with shading compared with open sky. Besides the decrease in radiation under trees, lower wind speed and soil temperature were observed when compared to open sky plots. The NDF (neutral detergent fiber) of leaves was not affected by the radiation levels, although leaf to stem ratio was greater in the middle of the 9 × 3 m plot when compared to open pasture. The most productive species and those that showed potential yield to grow in silvipastoral system were *Axonopus catharinensis* and *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Key Words: forage production, shading, silvipastoral system

Introdução

Os sistemas silvipastoris têm sido amplamente estudados e aplicados na agropecuária tropical e subtropical visando otimizar a utilização das áreas. Há possibilidade

de adaptação de várias espécies forrageiras ao cultivo em consórcio com espécies arbóreas e diferenças no comportamento das pastagens, especialmente em virtude das condições microclimáticas e da competição entre os componentes vegetais pelos recursos naturais disponíveis.

Alguns estudos têm indicado estímulo ao crescimento da parte aérea sob sombra (Wong & Wilson, 1980). Entretanto, em outros há relatos de redução na produção de MS de forragem pelo efeito da redução da radiação solar (Castro et al., 1997).

Portanto, para o sucesso do sistema silvipastoril, é indispensável entender as interações (Carvalho, 1998) entre animal e os sistemas forrageiro e arbóreo. A adaptação das espécies forrageiras em um sistema silvipastoril depende principalmente de sua habilidade em crescer em condições edafoclimáticas alteradas pela presença de espécie arbórea no estrato vegetal superior. Montoya & Baggio (1992) identificaram a capacidade produtiva de muitas espécies forrageiras para uso em sistema silvipastoril na região sul do Brasil, porém faltam definições mais específicas sobre o potencial de produção dessas espécies em um sistema silvipastoril com diversos níveis de sombreamento.

Em condições de luminosidade reduzida, as plantas forrageiras podem mudar sua estrutura e concentração nutricional (Wong & Wilson, 1980; Carvalho et al., 1997). A verificação da qualidade e dos componentes estruturais da pastagem é importante para selecionar espécies forrageiras com potencial para uso em sistema silvipastoril.

O nível de radiação que chega ao estrato inferior de um sistema silvipastoril é determinante para o crescimento e desenvolvimento de espécies em sub-bosque. Na exploração comercial de madeira, é comum a prática de desbastes quando a competição entre árvores se torna prejudicial na produção de madeira. Além dessa prática, o raleamento dos ramos nas árvores melhora a qualidade e a intensidade da radiação que chega ao solo, possibilitando o consórcio entre as espécies arbóreas e forrageiras. Contudo, o ideal é o planejamento dos espaçamentos entre árvores, desde seu estabelecimento, para que as plantas adaptem-se ao nível de sombreamento, permitindo crescimento equilibrado entre as árvores e a pastagem.

O objetivo neste trabalho foi identificar a densidade de árvores de *Pinus taeda* e as espécies forrageiras de verão com maior potencial de produção em um sistema silvipastoril no Sul do Brasil.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em área de reflorestamento com *Pinus taeda*, localizada na região noroeste do estado de Santa Catarina, município de Abelardo Luz com altitude 930 m, latitude 26°25' Sul, longitude 52°21' Oeste. O trabalho foi conduzido em parceria com a EMPRAPA-CPPSUL (Bagé, RS), a EMPRAPA Florestas (Colombo, PR) e a

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) no período de 18/8/2006 a 21/4/2007.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico argiloso (EMBRAPA, 1999) e o clima (Tabela 1), conforme classificação de Köppen, é Cfb, temperado chuvoso, sem estação seca e com verão ameno (Moreno 1961).

O experimento foi implantado em área já estabelecida com *Pinus taeda* de aproximadamente 10 anos de idade e 12 m de altura, cujos níveis de sombreamento foram obtidos pelo corte de duas ou quatro linhas das árvores (Área 1), uma vez que o espaçamento original e comercial era de 3 m entre linhas e 3 m entre árvores na linha. Em área próxima, alocou-se o nível zero de sombreamento (sem árvores), em local usado com lavoura. Os resultados obtidos são referentes ao segundo ano de trabalho, ou seja, desde a implantação do experimento na primavera de 2005.

Na análise de solo feita após um ano de implantação do trabalho, início deste período experimental, foram obtidos os seguintes valores médios na área com *Pinus taeda*: pH-H₂O: 5,2; Índice SMP: 5,4; 50% de argila; P: 5,2 mg/L; K: 178 mg/L; 5,9% de MO; Al_{0,6} cmolc/L; Ca: 4,0 cmolc/L; Mg 3,6 cmolc/L; 48% de saturação de bases; e 9,2% de saturação por alumínio. Na área sem árvores, os valores foram: pH-H₂O: 6,1; Índice SMP: 6,2; 56% de argila; P: 6,4 mg/L; K: 347 mg/L; 5,7% de MO; Al₀ (zero) cmolc/L; Ca: 9,7 cmolc/L; Mg 5,1 cmolc/L; 86% de saturação de bases e 0% de saturação por alumínio. Utilizou-se calcário dolomítico (4,7 t/ha), PRNT 80%, para elevar a saturação de bases a 70%, apenas na área com *Pinus taeda*. A adubação consistiu da aplicação de 250 kg/ha na área experimental e 200 kg/ha de superfosfato triplo na área sem árvores na ocasião do plantio, sem a adução potássica, e 100 kg/ha de

Tabela 1 - Dados meteorológicos históricos e verificados durante o período experimental¹

Mês	Temperatura ambiente, °C		Precipitação pluviométrica, mm	
	1973-2006	2006-2007	1973-2006	2006-2007
Agosto	14,5	15	127,0	150
Setembro	15,3	15	169,1	135
Outubro	17,7	20	231,1	130
Novembro	19,2	20	186,4	100
Dezembro	20,6	22	180,4	180
Janeiro	21,1	22	192,8	195
Fevereiro	20,8	20	164,2	100
Março	20,0	22	128,1	135
Abril	17,6	19	159,6	360
Total			1538,7	1.485

¹Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR, 2007).

nitrogênio para gramíneas, em cobertura na forma da uréia, divididos em cinco aplicações, realizadas a cada corte.

O experimento foi realizado em esquema bifatorial (A = níveis de sombreamento; D = espécies forrageiras), em blocos ao acaso, com três repetições, e em parcelas subdivididas (local de amostragem), no qual as parcelas foram representadas pelo nível de sombreamento: pleno sol (sem árvores) e duas densidades arbóreas (uma com espaçamento de 15 × 3 m, ou seja, com 370 árvores/ha e outra com espaçamento 9 × 3 m, ou seja, 222 árvores/ha). As subparcelas foram representadas pela espécie forrageira: *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk (11 kg/ha de semente), *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (13 kg/ha); *Panicum maximum* cv. Tanzânia (10 kg/ha), Aruana (13 kg/ha) e Mombaça (10 kg/ha); *Hemarthria altissima* cv. Florida; *Paspalum notatum* cv. Pensacola (25 kg/ha); Missioneira gigante, descrito por Valls et al. (2000) como *Axonopus catharinensis*; *Cynodon* sp. híbrido Tifton-85; *Arachis pintoii* cvs. Alqueire e Amarillo. A subdivisão refere-se ao local de amostragem na parcela: sob a projeção da copa das árvores e no meio da entrelinha de árvores.

As pastagens de Tifton 85, *Hemarthria* e *Axonopus* foram implantadas manualmente em outubro de 2005 utilizando-se mudas obtidas pela subdivisão de touceiras. Na mesma ocasião, foram semeadas as demais forrageiras estudadas, as quais foram ressemeadas em setembro de 2006 em virtude da baixa população de plantas, influenciada pela ocorrência de geadas no inverno de 2006. As parcelas experimentais mediram 15 m² a pleno sol, 45 m² no espaçamento 15 × 3 e 27 m² no espaçamento 9 × 3.

A massa de forragem (MF) foi avaliada em seis períodos pelo corte de amostras, com auxílio de um quadrado de 0,25 m². Os valores para produção de MS/ha foram extrapolados depois que as amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 65°C para estimativa do percentual de cada componente, com base na matéria seca (MS). Os cortes eram feitos a 10 cm do solo para os cultivares de *Arachis pintoii*, Tifton 85, *Hemarthria*, *Axonopus* e Pensacola quando as plantas atingiam 30 a 35 cm de altura, e a 20 cm do solo para os cultivares de *Panicum* e *Brachiaria* quando a altura do dossel atingia aproximadamente 90 cm. Depois de amostradas, as parcelas eram roçadas na mesma altura dos cortes amostrais. A produção total de forragem foi obtida pela soma dos cinco períodos experimentais e determinada em kg/ha de MS.

A participação dos componentes estruturais da pastagem foi obtida pela separação manual da amostra coletada em lâmina foliar e colmo (colmo verdadeiro + bainhas foliares). Posteriormente, o material foi seco em estufa de ventilação

forçada a 65°C e pesado. A divisão entre a quantidade de lâminas foliares e de colmos resultou na relação lâmina foliar:colmo(L:C).

Os teores de proteína bruta (PB) e fibra detergente neutro (FDN) da forragem foram determinados em análises laboratoriais das lâminas foliares obtidas na separação botânica das cinco espécies mais produtivas na soma dos períodos – *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cv. Aruana, *Hemarthria altissima* cv. Florida, *Axonopus catharinensis* e *Cynodon dactylon* híbrido Tifton-85 – depois de secas em estufa com ventilação forçada a 65°C e trituradas em moinho tipo Willey. Os valores de PB e FDN referem-se aos valores médios de todo o ciclo produtivo das espécies forrageiras, englobando todos os cortes e ainda, no caso das parcelas do sub-bosque (15 × 3 e 9 × 3), referem-se à média dos valores obtidos na projeção da copa e no meio da entrelinha das árvores.

A partir da porcentagem de lâminas foliares obtidas nas espécies *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cv. Aruana, *Hemarthria altissima* cv. Florida, *Axonopus catharinensis* e *Cynodon dactylon* híbrido Tifton-85, calculou-se sua produção de PB/ha, multiplicando a porcentagem de PB pela produção total de lâminas foliares de cada espécie nos três espaçamentos arbóreos e locais de amostragem, projeção da copa e meio da entrelinha. Nas análises, considerou-se que a produção de PB por hectare refere-se apenas à proteína bruta produzida pelas lâminas foliares, e não à produção total de PB da planta. Nesse caso foi avaliado o valor nutricional apenas da lâmina foliar, uma vez que o objetivo foi observar diferenças ocasionadas pelos níveis de sombreamento e as folhas são a parte da planta mais preferidas por animais em pastejo.

Dados micrometeorológicos: temperatura máxima, mínima e média (°C), velocidade máxima do vento (m/s), total da radiação global (MJ/m²/dia), total da radiação fotossintética (MJ/m²/dia), temperatura do solo (°C) e umidade do ar (%) em cada nível de sombreamento e local de amostragem foram coletados nos períodos de 13 a 24/7/2006 e 20/3/2007 a 3/4/2007.

As amostras de solo foram coletadas na profundidade 0-20 cm para determinação da umidade em cada nível de sombreamento, calculada como a diferença entre o peso da amostra coletada a campo e o peso da amostra seca em estufa a 105°C.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando detectadas diferenças, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. Os dados

micrometeorológicos não foram submetidos à análise estatística, pois foram somente descritivos. Nas análises, utilizou-se o pacote estatístico computacional *Statistical Analysis System* (SAS, 1997).

Resultados e Discussão

Tanto a produção de MS quanto os componentes estruturais e qualitativos foram afetados pelo sombreamento e pelas condições edafoclimáticas impostas pelo sistema silvipastoril e pelas características de cada espécie forrageira. Houve interação ($P < 0,05$) entre espécie e nível de sombreamento, o que caracterizou o comportamento adaptativo das espécies forrageiras, assim como entre espécie forrageira e o local de amostragem (projeção da copa e meio da entrelinha das árvores).

O maior número de cortes foi obtido com *Axonopus catharinensis* (seis cortes, o primeiro em 18/8/2006), seguido de Tifton 85 e Hemarthria (cinco cortes), cujo ciclo produtivo iniciou no segundo período (29/10/2006). A data do primeiro corte é um fator importante e que deve ser considerado, pois representa a magnitude da escassez forrageira na primavera em nível de fazenda. O hábito prostrado dessas espécies e a presença de estruturas reprodutivas e de reserva anteciparam o rebrote e a vegetação em comparação às outras espécies de hábito cespitoso, com exceção de *Arachis pintoi*, que foi um pouco mais tardia na produção de primavera. As espécies de hábito cespitoso tiveram que ser ressemeadas por apresentarem baixa densidade populacional, ocasionada pelas geadas no mês de setembro de 2006 e inverno rigoroso.

A produção de MS dos cultivares de *Brachiaria* e *Panicum* concentrou-se nos últimos períodos, 19/12/2006, 17/1/2007, 26/2/2007 e 21/4/2007. A produção tardia de MS pode ser atribuída à ressemeadura, enquanto Tifton 85, *Axonopus* e *Hemarthria* foram estabelecidos do ano anterior, e à necessidade de maiores temperaturas para germinação, estabelecimento e desenvolvimento, favorecidas a partir de meados de setembro nessa região.

Em todas as espécies forrageiras, a produção média de MS decresceu com a diminuição da intensidade luminosa, especialmente no espaçamento 9×3 (Tabela 2). *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, Tanzânia e Mombaça mantiveram produção de MS semelhante ao pleno sol e no espaçamento 15×3 (meio da entrelinha de árvores), diferentemente das produções de MS encontradas por Castro et al. (1999), que, avaliando cinco forrageiras sob luminosidade reduzida, inclusive *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum*, observaram diminuição significativa na produção de MS com o sombreamento. A baixa produção nos menores espaçamentos arbóreos pode ser explicada pela baixa qualidade e quantidade de radiação que chega ao dossel no estrato inferior. Nesse caso, a radiação fotossintética (Tabela 3) foi três vezes menor no espaçamento 15×3 e seis vezes menor no 9×3 e sob projeção da copa em relação à radiação a pleno sol.

Alta deposição de acículas de *Pinus taeda* foi observada sobre solo, especialmente nas parcelas com a maior densidade arbórea. A competição por nitrogênio (N) entre os componentes do sistema e o nitrogênio usado na decomposição dessas acículas, considerando a alta relação carbono:nitrogênio (C:N) desse material e a necessidade nutricional da planta forrageira, também pode ter interferido nas produções de matéria seca (Tabela 3).

A competição por água entre os estratos vegetais, *Pinus taeda* e espécies forrageiras pode ser descartada no período experimental. A porcentagem de umidade do solo foi significativamente maior dentro do bosque (30%) que a pleno sol (27%). Essa diferença pode ser atribuída à formação de um micro-clima no sub-bosque nos espaçamentos 15×3 e 9×3 , uma vez que a menor velocidade do vento e radiação solar (Tabela 3) diminuem a evaporação da água do solo, superando o efeito de possível aumento da evapotranspiração da vegetação na presença de árvores.

Considerando a produção de MS de todas as espécies forrageiras entre as duas densidades arbóreas, o espaçamento 15×3 foi superior ao 9×3 , tanto no meio da entrelinha quanto na projeção da copa das árvores (Tabela 3).

Tabela 2 - Variáveis micrometeorológicas¹ avaliadas no período de 20 de março a 3 de abril de 2007, na região de Abelardo Luz, SC, em clima Cfb

	Céu aberto	15×3	9×3	Sob copa
Temperatura média (°C)	21,2	22,1	21,6	22,0
Velocidade máxima do vento (m/s)	1,81	1,11	0,76	0,77
Total radiação global (MJ/m ² /dia)	18,84	8,25	2,70	5,08
Radiação fotossintética (MJ/m ² /dia)	6,34	2,10	1,08	1,19
Temperatura do solo (°C)	24,3	21,9	21,7	22,4
Umidade relativa (%)	78,4	75,5	80,9	74,5

¹Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR, 2007).

Tabela 3 - Produção de MS (kg/ha) de espécies forrageiras submetidas a diferentes densidades de *Pinus taeda* no período de agosto de 2006 a abril de 2007

Espécie	Céu aberto15 × 3.....	9 × 3.....	
		Copa	Meio	Copa	Meio
<i>P. maximum</i> cv. Aruana	27.818aA	9.784cC	20.447bB	2.285efD	2.708cdD
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	26.186abA	19.866aB	25.375aA	7.166bC	11.802aC
<i>Axonopus catharinensis</i>	24.835bcA	19.153aB	18.850bB	10.151aC	12.401aC
<i>C. dactylon</i> hib. Tifton-85	24.014bcA	7.410dBC	9.553eB	5.260bcC	5.080bC
<i>B. decumbens</i> cv. Basilisk	23.229cdA	13.459bB	8.697eC	4.703cdC	6.254bC
<i>H. altissima</i> cv. Florida	21.118dA	9.741cdBC	12.874dB	6.454bcC	6.943bC
<i>P. maximum</i> cv. Tanzânia	21.072dA	12.256bB	15.535cAB	941efC	1.095deC
<i>P. notatum</i> cv. Pensacola	17.352eA	8.608cdC	12.626dB	0fD	0fD
<i>P. maximum</i> cv. Mombaça	13.740fA	13.852bA	10.012eAB	2.568deC	4.683bcBC
<i>A. pintoi</i> cv. Alqueire	6.092gA	2.867eB	2.717fB	715efC	1.171deC
<i>A. pintoi</i> cv. Amarillo	6.014gA	2.396eB	2.009fB	1.124efB	1.080deB
Média	19.482A	10.340B	12.772B	4.043C	4.862C

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha diferem ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.
Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna diferem ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

Nos dois espaçamentos, a produção de MS na projeção da copa não diferiu ($P > 0,05$), na média dos resultados de cada espaçamento, da obtida no meio da entrelinha. Contudo, em algumas espécies, a produção de MS foi mais afetada na projeção da copa das árvores, provavelmente em virtude da diferença de radiação transmitida entre as densidades arbóreas (Tabela 3). Além disso, pode-se incluir nesse caso a interferência da competição entre os componentes vegetais por nutrientes e o fato de a deposição das acículas de pinus ser mais intensa na projeção da copa.

Com exceção das leguminosas, as gramíneas forrageiras apresentaram satisfatórias produções a pleno sol, variando de 13.740 a 27.818 kg/ha de MS na soma dos períodos. No espaçamento 15 × 3, meio da entrelinha, as espécies mais produtivas foram *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, Aruana e *Axonopus catharinensis* com 25.375; 20.447 e 18.850 kg/ha de MS. Também no espaçamento 9 × 3, meio da entrelinha, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Axonopus catharinensis* apresentaram maior produção de MS, comprovando expressiva capacidade adaptativa dessas espécies nesse nível de sombreamento, pois se destacaram entre as demais nos dois níveis de sombreamento (15 × 3 e 9 × 3).

O potencial produtivo está relacionado também à exigência nutricional de cada espécie forrageira, pois isso influencia no investimento e objetivo da produção silvipastoril. Contudo, como foram iguais as adubações entre essas gramíneas, conclui-se que as espécies mais produtivas têm características adaptativas ao sombreamento parcial. Desta forma, o regime de radiação foi a variável principal, determinante do crescimento das plantas neste estudo, por seus efeitos na fotossíntese e outros processos fisiológicos, como transpiração e absorção de nutrientes

(Bernardes, 1987), o que explica o comportamento produtivo de plantas sombreadas.

O *Axonopus catharinensis*, apesar de não ter sido a espécie mais produtiva, foi a mais adaptada. Essa forrageira teve menor variação de produção de MS (Tabela 2) entre os níveis de sombreamento, com produção de MS sempre superior a 10.151 kg/ha, e não apresentou diferença de produção de MS na projeção da copa e no meio da entrelinha de árvores dentro de cada espaçamento. Ressalta-se que a produção de MS de outras espécies se igualou à do *Axonopus catharinensis*, mas foi fortemente prejudicada pela maior densidade arbórea.

As baixas produções dos cultivares de *Arachis pintoi* (Tabela 3) foram ocasionadas pelo lento estabelecimento, pois foram feitos apenas dois cortes no final do período, o primeiro após um ano do plantio. A menor produção do *Arachis* também pode ser atribuída a características intrínsecas da fisiologia da planta, pois, como toda leguminosa, essa espécie apresenta metabolismo do tipo C3. Como na região existe forte ocorrência de geadas na estação mais fria do ano, plantas de rápido estabelecimento são mais indicadas para serem cultivadas no verão, em virtude de sua rápida capacidade de restabelecimento e de sua resistência ao frio, como foi o *Axonopus catharinensis*, no qual o primeiro corte foi realizado já no mês de agosto de 2006.

Além da produção de MS da forragem, os níveis de radiação no período experimental afetaram os teores de PB das espécies forrageiras cultivadas. A pleno sol a radiação fotossintética medida no final do verão de 2006/2007 foi 6,34 MJ/m²/dia, no meio da entrelinha do 15 × 3, foi 2,1 MJ/m²/dia, no 9 × 3, 1,09 MJ/m²/dia e, na projeção da copa, 1,19 MJ/m²/dia, portanto, mesmo com três vezes menos de radiação fotossintética (Tabela 2), algumas espécies

ferrageiras sob as árvores produziram quantidade semelhante de MS (Tabela 3) e maior teor de PB (Tabela 4) em comparação àquelas a pleno sol.

Conforme Jefferies (1965), plantas sob luminosidade reduzida têm desenvolvimento mais lento e menor perda de água pelos seus tecidos, que ficam mais tenros e suculentos, caracterizando menor teor de MS da planta e contribuindo para as menores produções em sub-bosque (Carvalho et al. 1995). Complementações foram feitas por Volenc & Nelson (2003), que atribuíram a menor produção de plantas em ambiente sombreado às menores taxas de transpiração que resulta em maior concentração de água nos tecidos e, conseqüentemente, em menor teor de MS.

A velocidade do vento foi 51% menor no interior do bosque, média dos espaçamentos 15×3 e 9×3 , em comparação a pleno sol (Tabela 2), o que aumentou significativamente ($P < 0,05$) a umidade do solo dentro do bosque em comparação a pleno sol. Dentro do sub-bosque, a temperatura mínima obtida no inverno de 2006 foi $2,6^{\circ}\text{C}$ mais alta que a pleno sol, o que pode justificar a não-ocorrência de geadas dentro do bosque durante o período experimental (Sartor et al., 2007), como resultado da presença da espécie arbórea, que contribuiu para que a temperatura não diminuísse tanto, desacelerando a perda de calor do solo no período noturno. Neste caso, as árvores serviram de cobertura protetora, diminuindo o fluxo de calor (troca de calor) entre as camadas de ar desde o solo até camadas superiores às copas. Castro et al. (1999) também encontraram mudanças micro-climáticas em ambiente sombreado artificialmente onde predominaram temperaturas amenas, umidade relativa do ar ligeiramente mais alta e elevado teor de umidade do solo.

Outro fato relevante quando se implanta a pastagem após raleio do *Pinus taeda* são as condições de solo remanescentes. Após o corte e a retirada das árvores para determinação dos níveis de sombreamentos, os valores de pH-H₂O e alumínio foram, respectivamente, 4,5 e 2,78 cmol/L, condições limitantes ao cultivo de espécies ferrageiras

exigentes em fertilidade, principalmente porque as florestas de *Pinus* são implantadas na maioria das vezes sem nenhuma forma de correção da acidez e da fertilidade do solo. No segundo ano experimental e início deste trabalho, com calagem e adubação recomendadas, os valores de pH-H₂O e Al melhoraram para 5,5 e 0,06 cmol/L, respectivamente.

A interação espécie ferrageira \times densidade arbórea influenciou de forma significativa ($P < 0,05$) a porcentagem de PB e FDN. Nas médias das cinco espécies avaliadas, a quantidade de PB nas espécies ferrageiras cultivadas sob luminosidade reduzida foi 14% superior à comparação à das espécies a pleno sol. Os teores de PB e FDN não diferiram ($P < 0,05$) entre os dois espaçamentos de *Pinus taeda* (15×3 e 9×3) (Tabela 4). O maior teor de PB nas lâminas foliares das plantas sombreadas (Tabela 4) pode ser explicado pela teoria de diluição de nitrogênio de Leimare & Chartier (1992), de que existe uma porcentagem de nitrogênio ideal para determinado nível de produção de MS. Se a pleno sol ocorreu maior produção de MS, isso diluiu mais o nitrogênio absorvido e translocado para as partes aéreas que nas plantas sombreadas, nas quais a produção de MS foi menor. Isso ocorre porque a planta não está metabolizando todo o nitrogênio absorvido e convertendo-o em acúmulo de MS. De acordo com outros autores (Franco & Dillenburger, 2007; Hale & Orcutt, 1987), as plantas adaptadas à sombra tendem a priorizar reservas para o crescimento de área foliar e para aumentar a concentração de clorofila.

Resultados semelhantes foram encontrados por Gobbi et al. (2007) e confirmam o maior teor de PB nas plantas sombreadas e as afirmativas de Wilson (1996), de que esse fenômeno está relacionado ao maior teor de umidade, associado à temperatura do solo, favorecendo as taxas de mineralização e ciclagem de nitrogênio e ao menor tamanho das células de plantas sombreadas, uma vez que, embora a quantidade de nitrogênio seja a mesma na célula, as concentrações desse nutriente são maiores em plantas sombreadas (Kephart & Buxton, 1993).

Tabela 4 - Composição de PB e FDN de lâminas foliares de espécies ferrageiras estavais submetidas a diferentes densidades arbóreas no período de agosto de 2006 a abril de 2007

	Proteína bruta			FDN		
	Céu aberto	15×3	9×3	Céu aberto	15×3	9×3
<i>Axonopus catharinensis</i>	15aB	16cAB	17cA	68cbA	68abA	67bA
<i>C. dactylon</i> hib. Tifton-85	17aC	20aA	19abB	74aB	72aC	76aA
<i>H. altissima</i> cv. Florida	16aA	15cA	14dB	72abA	73aA	73abA
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	13aB	18bA	18bA	65cA	62bA	57cB
<i>P. maximum</i> cv. Aruana	16aB	20aA	20aA	69abcA	66abA	69bA
Média	15,3B	17,8A	17,6A	69,7A	68,02A	68,5A

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste Tukey para PB e FDN.

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste Tukey para PB e FDN.

Maior concentração de nitrogênio na parte área de plantas sombreadas *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *B. brizantha* foi constatada também por Castro et al. (1999). Schreiner (1987) refere-se a essa maior concentração como “consumo de luxo” pela planta, favorecido pela redução da produção de MS, com o aumento do sombreamento.

Na média das cinco espécies forrageiras, o teor de FDN não foi afetado pelo sombreamento parcial. Isso pode ter ocorrido por terem sido analisadas apenas as lâminas foliares, que apresentam menor teor de FDN em comparação ao colmo. Se a amostra analisada tivesse sido de planta inteira, possivelmente o teor de FDN seria maior nas parcelas a pleno sol, em razão da maior alongação dos entre nós do colmo. Segundo Kephart & Buxton (1993), o sombreamento pode reduzir a disponibilidade de fotoassimilados utilizados para o desenvolvimento da parede celular secundária, contribuindo para a redução dos teores de fibra e aumentando a digestibilidade.

Na maioria das espécies forrageira, a relação lâmina foliar:colmo aumentou de acordo com a redução da luminosidade (Tabela 5). Na média, houve crescente proporção de lâminas foliares em relação à de colmos, desde a condição de pleno sol até o sombreamento sob as árvores (sob copa e meio de entrelinha). Wong & Wilson (1980) observaram que folhas de plantas de *Panicum maximum* se tornaram mais longas e mais largas conforme aumentaram os níveis decrescentes de luminosidade. Em condições de luminosidade reduzida, as folhas modificam sua estrutura e se tornam maiores, mais tenras e estioladas, características adaptativas e competitivas por radiação.

Castro et al. (1999) observaram que a redução da luminosidade promoveu maior crescimento do colmo de *B. brizantha* cv. Marandu, *B. decumbens*, *Melinis minutiflora*, *Panicum maximum* e *Setaria anceps*. Skuterud (1984) também considerou essas mudanças de

estatura de planta uma forma de compensação à deficiência de luz e, do mesmo modo, Knake (1972) relatou que a maior altura de plantas sombreadas pela formação de colmos mais longos está relacionada ao maior alongamento dos entrenós, porém em situações de acentuada redução na luminosidade, as plantas tiveram menor estatura, limitada pela menor radiação.

Schreiner (1987) notou que as folhas das forrageiras sombreadas ficaram mais finas e mais tenras, o que, segundo Maximov (1984), é ocasionado pela redução do parênquima palissádico das folhas, motivada pela menor transferência de CO₂ para o mesófilo.

Correlacionando a concentração de PB e a produção de MF/ha, observou-se que a produção de proteína diferiu significativamente (P<0,05) entre algumas espécies e na média, conforme o nível de sombreamento imposto. Em geral, plantas sombreadas tiveram maior porcentagem de proteína e maior L:C que plantas cultivadas a pleno sol, todavia, a quantidade de PB/ha foi menor nas plantas sombreadas com Pinus (P<0,05), em decorrência da produção de MS. Mesmo com a maior proporção de folhas em relação à de colmo e da maior porcentagem de PB em algumas espécies, o espaçamento 9 × 3 resultou em mais baixos valores de PB/ha, como resultado da baixa produção de MS de lâminas foliares nesse nível de sombreamento.

Considerando apenas as lâminas foliares, parte da planta mais digestível e nutritiva para a alimentação animal, o nível de sombreamento 15 × 3 pode ser uma boa alternativa em sistemas silvipastoris, bem como as espécies *B. brizantha*, Aruana e *Axonopus catharinensis*, que apresentaram adaptação.

Plantas cultivadas em sistema silvipastoril recebem menor radiação e temperatura, com isso, o acúmulo de graus-dias pela planta também diminui, influenciando a fenologia e a morfogênese das plantas, especialmente para as espécies forrageiras cuja fenologia é fortemente depen-

Tabela 5 - Relação lâmina foliar:colmo de espécies forrageiras estivais submetidas a diferentes densidades arbóreas no período de agosto de 2006 a abril de 2007

Espécie	Céu aberto15 × 3.....	9 × 3.....	
		Copa	Meio	Copa	Meio
<i>P. maximum</i> cv. Aruana	0,67b	1,36b	0,98b	1,06b	3,27a
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	1,69ab	1,55ab	1,63ab	0,87b	3,37a
<i>Axonopus catharinensis</i>	3,46a	3,37a	3,16a	1,90a	1,32a
<i>C. dactylon</i> hib. Tifton 85	1,51a	1,73a	1,50a	1,22a	1,93a
<i>B. decumbens</i> cv. Basilisk	0,79a	0,91a	0,88a	2,97a	1,08a
<i>H. altíssima</i> cv. Florida	0,92b	1,15b	1,22b	4,15a	1,11b
<i>P. maximum</i> cv. Tanzânia	0,86a	2,51a	1,84a	3,91a	1,82a
<i>P. maximum</i> cv. Mombaça	1,83a	1,91a	2,37a	2,05a	3,25a
Média	1,47b	1,81ab	1,69ab	2,26ab	2,15a

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem (P<0,05) pelo teste Tukey.

dente da soma térmica. Nesse caso as plantas tendem a ficar mais tempo em estágio vegetativo e florescem mais tarde ou de maneira desuniforme. Essa condição pode ser prejudicial quando se deseja produzir sementes em sistema silvipastoril, porém pode ser benéfico para o planejamento forrageiro por apresentar produção de MF por período mais longo que a pleno sol.

Plantas sombreadas tiveram menor porcentagem ($P < 0,05$) de florescimento no período experimental ($P < 0,05$). *Axonopus catharinensis* e *Hemarthria altissima* floresceram a pleno sol, o que não ocorreu nessas mesmas espécies cultivadas em sombreamento. Significativas diferenças foram encontradas para Aruana, *Axonopus catharinensis*, *Brachiaria decumbens*, Tanzânia e Pensacola, que floresceram mais a pleno sol que quando sombreadas (Tabela 6). *P. maximum* cv. Aruana e *B. decumbens* foram as espécie que mais floresceram no espaçamento 15×3 .

Observações feitas por Castro & Carvalho (2000) também indicam que a redução da luminosidade no ambiente de cultivo afetou negativamente o florescimento de *Andropogon gayanus*, *B. brizantha*, *B. decumbens* e *P. maximum* com sombreamento de 30 e 60%. Kingel & Koller (1970) afirmam que a menor intensidade luminosa pode limitar o suprimento de alguns metabólitos essenciais para o crescimento dessas estruturas. Schreiner (1987) também encontrou efeito reduzido do florescimento de *B. decumbens* sob sombreamento de 80%.

Conclusões

As espécies *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Axonopus catharinensis* apresentam produções satisfatórias

Tabela 6 - Porcentagem de florescimento de espécies forrageiras estivais cultivadas em diferentes densidades arbóreas no período de agosto de 2006 a abril de 2007

Espécie	Ar livre	15×3	9×3
<i>P. maximum</i> cv. Aruana	54a	33b	3c
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	10a	2a	1a
<i>Axonopus catharinensis</i>	4a	0b	0b
<i>C. dactylon</i> hib. Tifton 85	2a	1a	0a
<i>B. decumbens</i> cv. Basilisk	46a	28b	3c
<i>H. altissima</i> cv. Florida	1a	0a	0a
<i>P. maximum</i> cv. Tanzânia	43a	0,3b	0b
<i>P. notatum</i> cv. Pensacola	58a	8b	0b
<i>P. maximum</i> cv. Mombaça	1a	0,3a	0a
<i>A. pintoi</i> cv. Alqueire	5a	6a	2b
<i>A. pintoi</i> cv. Amarillo	9a	6ab	2b
Média	21a	8b	1c

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

e se destacam quanto à produtividade e adaptação ao sombreamento. Plantas sombreadas apresentam melhor qualidade, especialmente maior teor de PB na lâmina foliar e maior relação lâmina foliar: colmo, embora a produção de matéria seca seja mais reduzida com a presença de árvores. O maior espaçamento (15×3 m) proporcionou melhores condições para o crescimento e qualidade da forragem das espécies forrageiras estudadas e pode ser uma alternativa para os produtores da região.

Agradecimentos

À EMBRAPA, pelo financiamento do trabalho e pela concessão de uma bolsa de iniciação científica; ao CNPq, pela concessão de bolsa de iniciação científica; à CAMIFRA S.A, pela disponibilização da área experimental; e à UTFPR, pelo apoio financeiro.

Literatura Citada

- BERNARDES, M.S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Eds.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. p.13-48.
- CARVALHO, M.M.; SILVA, J.L.O.; CAMPOS JR., B.A. Produção de matéria seca e composição mineral da forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em um sub-bosque de angico-vermelho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.2, p.213-218, 1997.
- CARVALHO, M.M. Efeito do sombreamento na produtividade e na qualidade da forragem em pastagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., 1998, Goiânia. **Anais...** Goiânia: 1998. p.99-117.
- CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P.; ANDRADE, A.C. Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em um sub-bosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.). **Pasturas Tropicais**, v.17, n.1, p.24-30, 1995.
- CASTRO, C.R.T.; CARVALHO, M.M.; GARCIA, R. Produção forrageira e alterações morfológicas em gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, 1997. v.2, p.338-340.
- 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.; CARVALHO, M.M. Florescimento de gramíneas forrageiras sob luminosidade reduzida. **Revista Ciência Rural**, v.30, n.1, p.163-166, 2000.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: 1999. 412p.
- FRANCO, A.M.S.; DILLENBURGER, L.R. Ajuste morfológico e fisiológico em plantas jovens de *Araucária angustifolia* (Bertol.) Kuntze em resposta ao sombreamento. **Hoehnea**, v.34, n.2, p.135-144, 2007.
- GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ-NETO, A.F. et al. Valor nutritivo da *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk submetida ao sombreamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2007] (CD-ROM).

- HALE, M.G.; ORCUTT, D.M. **The physiology of plants under stress**. New York: John Willey & Sons, 1987. p.26-43.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. [2007]. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/canteudo.htm>> Acesso em: 20/08/2007.
- JEFFERIES, N.W. Herbage production on a gamble oak range in south western Colorado. **Journal of Range Management**, v.18, n.2, p.212-213, 1965.
- KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R. Forage quality response of C3 and C4 perennial grasses to shade. **Crop Science**, v.33, p.831-837, 1993.
- KIGEL, J.; KOLLER, D. Analysis of the control of development in *Oryzopsis miliacea* by the light environment. **Journal of Experimental Botany**, v.21, n.69, p.1003-1016, 1970.
- KNAKE, E.L. Effect of shade on giant foxtail. **Weed Science**, n.20, v.6, p.588-592, 1972.
- LEMAIRE, G.; CHARTIER, M. Relationships between growth dynamics and nitrogen uptake for individual sorghum plants growing at different plant densities. In: LEMAIRES, G. (Ed.) **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. Paris: INRA - Station d'écophysiologie des Plantes Fourragères, 1992. p.3-43.
- MAXIMOV, N. Assimilación del carbono. In: MAXIMOV, N.; HARVEY, R.B.; MURNEEK, A.E. (Eds.) **Fisiologia vegetal**. Buenos Aires: Acme Agency, 1984. p.144-96.
- MONTOYA, L.J.; BAGGIO, A.J. Estudos econômicos da introdução de mudas altas para sombreamento de pastagens. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL, 2., 1992, Curitiba. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 1992, v.1. p.171-191.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.
- SARTOR, L.R.; SOARES, A.B.; ADAMI, P.F. et al. **Varição microclimática em ambiente com níveis de sombreamento**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2007] (CD-ROM).
- SCHREINER, H.G. **Tolerância de quatro forrageiras a diferentes graus de sombreamento**. (S.L): Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1987. p.61-72.
- SKUTERUD, R. Growth of *Elymus repens* (L.) Gould and *Agrostis gigantea* Roth. at different light intensities. **Weed Research**, v.24, n.1, p.51-57, 1984.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS/STAT user's guide**. 4.ed. Version 6.08. Cary: 1997. 943p.
- VALLS, J.F.M. Recursos genéticos de gramíneas forrageiras para a pecuária. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. (CD-ROM).
- VOLENEC, J.J.; NELSON, C.J. Environmental aspects of forage management. In: BARNES, R.F.; NELSON, C.J.; COLLINS, M. et al. (Eds.) **Forages: an introduction to grassland agriculture**. 6.ed. Ames: Blackwell, 2003. p.99-124.
- WILSON, J.R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pastures grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.47, p.1075-1093, 1996.
- WONG, C.C.; WILSON, J.R. Effects of shading on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.31, n.3, p.269-285, 1980.