

Características do ambiente luminoso em sistemas silvipastoris e recomendações para o manejo do componente forrageiro nas condições do sul do Brasil

Alexandre Costa Varella¹;

¹ Eng. Agrônomo (Ph.D.) e Pesquisador em Sistemas de Agrossilvicultura da Embrapa Pecuária Sul, Bagé/RS, alexandre.varella@embrapa.br.

Introdução

Sistema silvipastoril (SSP) ou de integração floresta-pecuária, “é uma modalidade dos sistemas agroflorestais e refere-se a um sistema de produção no qual espécies arbóreas e forrageiras são cultivadas em uma mesma unidade de área simultaneamente, com a presença de animais ruminantes” (Veiga & Serrão, 1990). Tal sistema representa uma forma de uso da terra onde as atividades de silvicultura e pecuária estão associadas para gerar uma produção complementar pela interação de seus componentes.

O sucesso da integração da atividade de silvicultura com a pecuária está alicerçado no equilíbrio da exploração dos recursos naturais pelos três principais componentes bióticos deste sistema: a árvore, a pastagem e o ruminante. Quando as interações são equilibradas, desde o seu estabelecimento até a colheita final dos produtos, possibilitando a produção simultânea dos componentes arbóreo, forrageiro e animal, então temos um sistema *silvipastoril verdadeiro*.

Contudo, ainda é comum verificar, em condições de propriedades rurais, dificuldades no manejo equilibrado entre os componentes, frequentemente causados pelo estabelecimento de espaçamentos e arranjos arbóreos inadequados ao desenvolvimento das espécies forrageiras a médio e longo prazo (Varella, 2008). Isso determina que em muitos empreendimentos silvipastoris, como nos casos recentes do extremo sul do Brasil, se realize uma integração floresta-pecuária *temporária* ou *eventuais*. Particularmente, na maioria dos empreendimentos agroflorestais realizados na metade Sul do Rio Grande do Sul com *Eucalyptus* sp., tem se observado que as árvores sobrepõem à pastagem e comprometem a persistência das forrageiras associadas já a partir do quarto ou quinto ano de sua implantação.

Especificamente, a árvore e a pastagem “competem” diariamente pelo acesso preferencial aos recursos naturais disponíveis: a radiação, a água e os nutrientes. Frequentemente, o fator radiação é o elemento mais importante e determinante do potencial de crescimento das espécies forrageiras que crescem sob as árvores em sistemas de integração floresta-pecuária (Varella, 2008). A presença da árvore pode impor, a partir de determinado estágio de desenvolvimento, condições restritivas de luminosidade para o crescimento das espécies forrageiras estabelecidas nas entrelinhas de um sistema silvipastoril.

Assim, para o sucesso em um sistema silvipastoril, algumas recomendações são fundamentais antes e durante o empreendimento, tais como:

- A escolha de espécies forrageiras adaptadas;
- O manejo da pastagem ao longo do tempo.

- O manejo do ambiente luminoso ao longo do tempo;

O presente artigo tem o objetivo de realizar uma revisão sobre os fundamentos que devem nortear as práticas de manejo da pastagem e do ambiente luminoso em um SSP e indicar algumas recomendações e práticas importantes para o estabelecimento e condução de um sistema silvipastoril verdadeiro nas condições do sul do Brasil.

Comportamento fisiológico de forrageiras e o ambiente luminoso em um Sistema Silvipastoril

Antes de falar em espécies, propriamente dito, é importante fazer algumas considerações sobre os fundamentos eco-fisiológicos das forrageiras que serão determinantes para sua escolha e manejo em um sistema silvipastoril nas condições do sul do Brasil.

O crescimento das espécies forrageiras é determinado pela sua atividade fotossintética líquida diária acumulada diante dos recursos ambientais disponíveis, entre estes a luz, a água, temperatura e os nutrientes. Quando expostas ao sombreamento, a taxa de crescimento diária destas espécies é rapidamente restringida em função da limitação de energia necessária para os processos fotossintéticos. A Figura 1 mostra claramente que as espécies tropicais (C_4) e temperadas (C_3) apresentam repostas fotossintéticas bem distintas e, portanto, crescem diferentemente quando submetidas às variadas condições luminosas. A interpretação dessas curvas fotossintéticas nos auxilia na definição e no manejo das principais espécies em um SSP.

Como exemplo da utilização do conhecimento fisiológico aplicado ao manejo de plantas forrageiras sombreadas, pode-se citar os seguintes: a determinação do potencial produtivo (fotossintético) das espécies forrageiras em determinada condição de radiação; o estabelecimento do nível de sombreamento máximo, acima do qual não há crescimento de forragem suficiente para o desempenho animal ou, em outras palavras, a determinação dos espaçamentos e arranjos arbóreos capazes de promover um acúmulo de forragem de qualidade ao longo do ciclo SSP; as recomendações de frequência e intensidade de desfolha da pastagem, a partir do acúmulo de reservas da fotossíntese pelas plantas sombreadas, suficientes para prover um rápido rebrote e garantia da persistência das forrageiras em ambiente sombreado; etc.

Tendo somente como variável o fator luminosidade, a Figura 1 traz algumas informações importantes para fundamentar o manejo de forrageiras em um sistema silvipastoril:

- A atividade fotossintética das espécies forrageiras temperadas praticamente não se altera quando a disponibilidade de radiação é superior a 50% da observada em luz total (100% de irradiação);
- Ao contrário, a atividade fotossintética das forrageiras tropicais cai bruscamente abaixo da condição de luz total;
- O nível máximo de atividade fotossintética das espécies temperadas (obtido acima de 50% da radiação disponível) é similar àquele alcançado pelas gramíneas tropicais quando a radiação disponível está há apenas 30% do pleno sol.

- Somente em níveis muito baixos de luminosidade (abaixo de 10% da radiação a pleno sol), a atividade fotossintética das espécies forrageiras C₃ é superior a das espécies C₄.

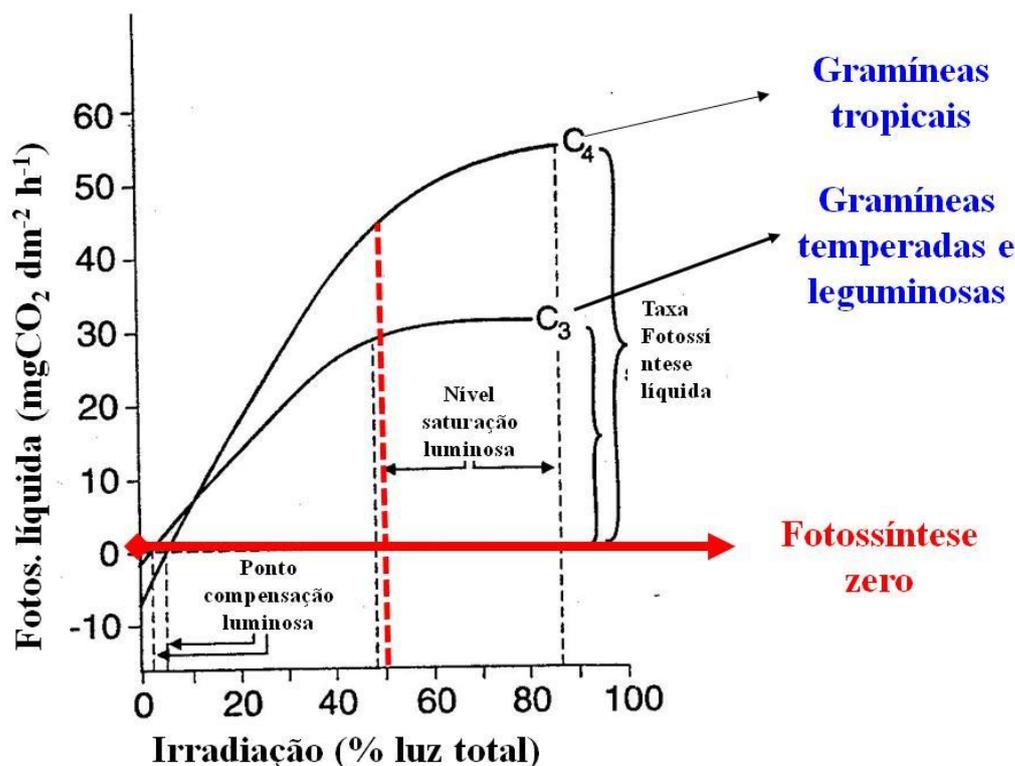


Figura 1. Curva da resposta fotossintética de espécies cultivadas tropicais (C₄) e temperadas (C₃) em função da irradiação (Adaptado de Gardner et al., 1985).

O comportamento fisiológico de forrageiras em ambientes sombreados tem sido tema de grande importância no estabelecimento de práticas e recomendações para o SSP. Ocorre que o ambiente luminoso de um SSP modifica bruscamente ao longo do dia, alterando não apenas a quantidade, como também a qualidade e a frequência da radiação disponível para as plantas forrageiras estabelecidas no sub-bosque. Na Figura 2, observa-se os ambientes luminosos de dois sistemas silvipastoris com *Pinus* sp.: A imagem da esquerda mostra uma área experimental em Santa Catarina (SC), no período do outono, com *Pinus taeda* e diversas forrageiras de inverno, 10 anos de idade, 12 m de altura, espaçamento 9 x 3 m (Soares et al., 2009). A imagem à direita mostra outra área experimental em Canterbury, Nova Zelândia (NZ), com *Pinus radiata* e alfafa no verão, 10 anos de idade, 10 m de altura, 7 m de espaçamento entre linhas e espaçamento variável dentro da linha (Varella et al. 2011). Observa-se que na área da NZ, parte da alfafa na entrelinha das árvores está submetida ao sombreamento total e outra parte ao sol pleno. Por outro lado, a área de SC mostra um sombreamento mais uniforme na área de entrelinhas, com pequenas áreas de sombra intensa alternadas com áreas de sol pleno. A diferença dos ambientes luminosos nestas áreas faz com que as forrageiras sejam submetidas a condições de quantidade, qualidade e frequência de radiação distinta. Em média, área de SC apresentou um sombreamento de 66% em relação ao ambiente sem árvores, enquanto na área da NZ o sombreamento foi de aproximadamente 50%.



Figura 2. Diferenças dos regimes luminosos entre 2 sistemas silvipastoris com *Pinus*. À esquerda SSP com espaçamento 9 x 3 m ou 370 árvores por hectare em Abelardo Luz/SC (Soares et al., 2009) e à direita aproximadamente 7 x 7 m ou 200 árvores por hectare na Nova Zelândia (Varella et al., 2011).

Uma análise mais instantânea do comportamento da radiação na área SSP da NZ mostrou o comportamento intermitente da radiação no período diurno (Figura 3). As plantas do sub-bosque em um SSP estão sujeitas a períodos de sombra quase total alternados com períodos de quase pela luminosidade. Especificamente, a Figura 3 demonstra o comportamento luminoso da imagem mostrada na Figura 2 à direita, quando a pastagem de alfafa esteve submetida a períodos máximos de 165 minutos sob pleno sol e 90 minutos à sombra intensa. Neste estudo (Varella et al., 2011) foi observado que a alfafa foi exposta a um total de 510 minutos de radiação a pleno sol e 375 minutos à sombra intensa em um dia de verão claro e sem nebulosidades.

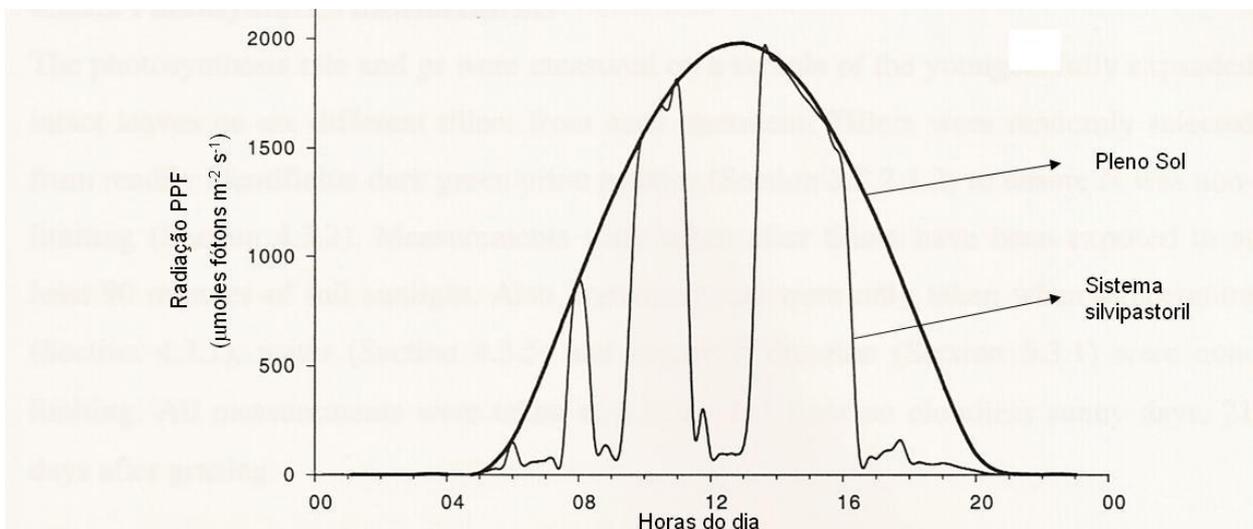


Figura 3. Fluxo fotossintético de fótons (PPF) ao longo de um dia sem nuvens de verão sob árvores de *Pinus radiata* (200 árv ha⁻¹) comparado à condição de pleno sol. Avaliações feitas em um SSP na Nova Zelândia (Varella et al., 2011).

A caracterização do ambiente luminoso e o comportamento fisiológico das plantas que são cultivadas sob as árvores são fundamentais para estabelecer práticas de manejo em um SSP. As plantas que são expostas ao um regime de restrição e intermitência luminosa também respondem alternando sua atividade fotossintética, porém não com a mesma velocidade das bruscas alternâncias entre luz e sombra. De fato, a atividade fotossintética das plantas do sub-bosque em um SSP cai

drasticamente à medida que se aumenta o tempo de exposição das folhas à sombra, tal como Peri et al. (2002) observaram em *Dactylis glomerata* sob *Pinus radiata* na NZ (Figura 4). Neste estudo, plantas de *D. glomerata* expostas a 20 minutos de sombra foram suficientes para causar uma queda de aproximadamente 50% na taxa fotossintética máximas de suas folhas em relação à condição de pleno sol. Felizmente, as folhas, quando submetidas repentinamente à sombra intensa, fecham gradualmente seus estômatos e diminuem sua atividade fotossintética vagarosamente até se estabilizar em patamares muito baixos, fenômeno este conhecido como “desativação da fotossíntese”. Ao contrário, quando estas folhas retornam ao período de plena luminosidade, dá-se o fenômeno de “ativação da fotossíntese”, ocorrendo o retorno da atividade fotossintética à condição normal (antes de exposta à sombra) de forma muito mais rápida quando comparada à queda durante o período de restrição luminosa.

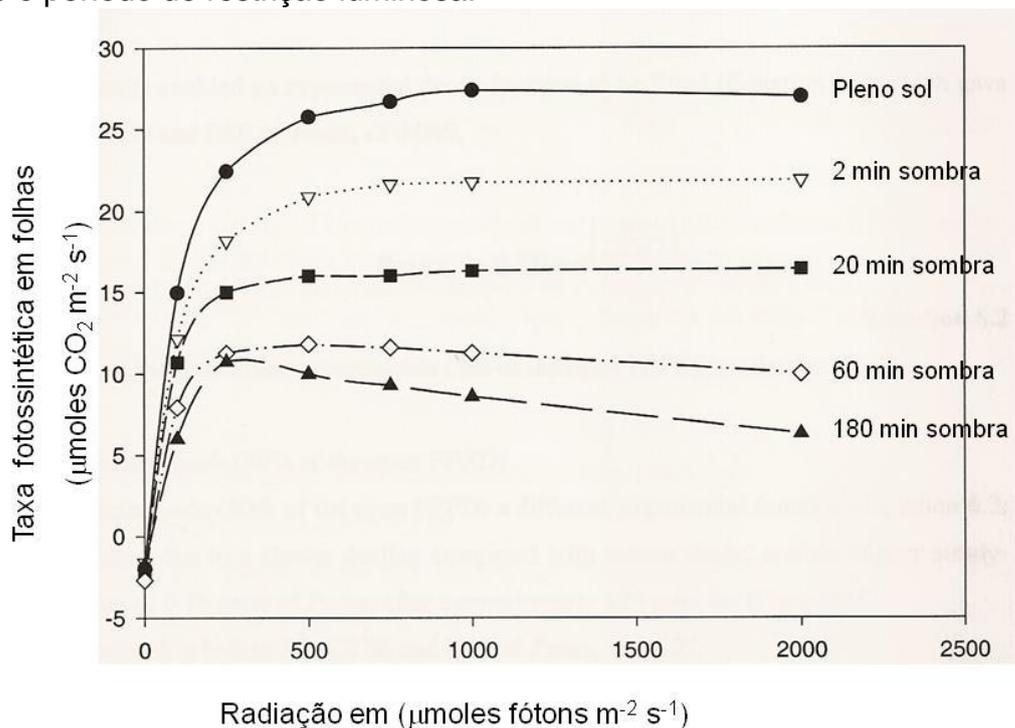


Figura 4. Curvas fotossintéticas em folhas de *Dactylis glomerata* avaliadas a pleno sol e sob diferentes períodos de sombreamento de *Pinus radiata* em um SSP. (Peri et al., 2002)

Outra observação importante encontrado por Peri et al. (2002) é que quanto maior o tempo de exposição à sombra destas folhas, maior será o tempo necessário para que as folhas retornem à sua condição original fotossintética, quando estavam à pleno sol. Com a forrageira perene de inverno *Dactylis glomerata*, estes autores observaram que, após um período de 30 minutos na sombra, a taxa de fotossíntese máxima das folhas retornou a aproximadamente 85% daquela medido à pleno sol em apenas 1-2 minutos após deixar a sombra. Por outro lado, quando o sombreamento foi de 180 minutos, a taxa de fotossíntese máxima somente alcançou 67% daquela observada em pleno sol 2 minutos após deixar o escuro e 75% após 10 minutos nesta condição (Tabela 1).

Tabela 1. Tempo necessário de sol para folhas de *Dactylis glomerata* atingir fotossíntese máxima após diferentes tempos de exposição ao sombreamento. Os números em vermelho representam % da fotossíntese máxima alcançada. (modificado de Peri et al., 2002).

Tempo de exposição à sombra (minutos)	Tempo de exposição ao pleno sol após o sombreamento (minutos)		
	1	2	10
30	84	86	94
60	67	79	89
180	55	67	75
Nível de significância (p<0,001)	***	***	***
Erro padrão das médias	1,5	1,6	1,3

Variação espacial e o potencial de produção de forragem em um sistema silvipastoril

Uma das características mais comuns no que se refere à produção do componente forrageiro em um SSP é a sua variação espacial. Isso significa dizer que existe uma grande variação no acúmulo de forragem dentro do sistema na medida em que ocorre maior ou menor competição entre árvore e pastagem pelos recursos naturais. No geral, o comportamento da radiação explica a variação espacial da produção de forragem em um SSP, contudo a competição por água e nutrientes com as árvores também pode causar variações na produção da pastagem.

Em relação ao fator radiação em um SSP, a variação espacial ocorre em função de: (i) espaçamentos arbóreos; (ii) arranjos de plantios (linhas simples, duplas, triplas, plantios em curvas de nível); (iii) características de copa das árvores (densidade de folhas e arquitetura da árvore); (iv) altura das árvores; (v) orientação de plantio e (vi) inclinação ou ângulo solar do local e do momento. Portanto, cada empreendimento silvipastoril pode apresentar um ambiente luminoso singular e provocar diferentes respostas do componente forrageiro que cresce no sub-bosque. Além disso, alguns destes fatores podem se alterar com o desenvolvimento das árvores e, conseqüentemente, alterar todo o ambiente luminoso e as respostas biológicas em um SSP. Diante desta variação de situações, surge a necessidade de compreender os fundamentos físicos e estruturais do ambiente luminoso e eco-fisiológicos das forrageiras, a fim de possibilitar tomadas de decisões que estimulem o equilíbrio de um SSP ao longo do tempo.

Nos últimos anos, a pesquisa científica vem estudando o efeito de diferentes densidades de árvores em SSP no Sul do Brasil. Arranjos arbóreos implantados inicialmente em fileiras simples, evoluíram para fileiras duplas e triplas, permitindo maior incidência de radiação nas entrelinhas das árvores sem reduzir drasticamente a população de árvores por área. A Tabela 2 mostra diferentes modelos de integração floresta-pecuária implantadas por instituições de pesquisa, ensino,

extensão, empresas e propriedades rurais no sul do Brasil (com eucalipto, pinus e acácia-negra) e suas variações de arranjo e espaçamento arbóreos estudados:
Tabela 2- Arranjos e espaçamentos arbóreos implantados no Sul do Brasil em sistemas de integração floresta pecuária.

Arranjo de árvores	Espaçamento entre árvores (m)	Observação	Citação bibliográfica
Fileiras simples	3 x 2; 3 x 3; 3,5 x 3,5; 6 x 2; 5 x 5; 7 x 7; 9 x 3; 10 x 2; 15 x 3	Populações que variam de 1666 a 222 árvores por hectare	Varella & Saibro, 1999; Castilhos et al., 2009; Silva & Barro, 2005
Fileiras duplas	10 x 2 x 2	População de 833 árvores por hectare.	Comunicação pessoal da Votorantim Celulose e Papel (VCP)
Fileiras triplas	10 x 2 x 2; 20 x 3 x 1,5; 40 x 3 x 1,5	Populações que variam de 1000 a 500 árvores por hectare. Ver Figuras 2 e 3	Comunicação pessoal da VCP; Ribaski et al., 2005

Em um estudo realizado em propriedade rural do Município de Alegrete/RS pela Embrapa Florestas e parceiros (Ribaski et al., 2005), foi acompanhando as alterações do ambiente luminoso em diferentes modelos de SSP. Nesta área, observou-se que o SSP de linhas triplas (3 x 1,5) x 14 m, com as mesmas espécies arbóreas, apresentou uma disponibilidade de radiação média de 30% sob eucalipto e de 65% em Pinus em relação ao pleno sol. Já, nos sistemas com linhas triplas de (3 x 1,5) x 34 m, a disponibilidade de radiação média na entrelinha foi de aproximadamente 65% sob eucalipto e de 90% para Pinus em relação ao pleno sol. É interessante observar a variação da disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa nas entrelinhas destes sistemas (Figuras 5 e 6), medidas desde a linha central das árvores (pontos 1 e 19 na Figura 5 e pontos 1 e 8 na Figura 6) até o ponto central da entrelinha (ponto 10 na Figura 5 e ponto 5 na Figura 6). Isso explica a variação espacial da produção da forragem nativa nas entrelinhas das árvores, a qual foi crescente à medida que o ambiente luminoso ficou favorável às condições de fotossíntese.

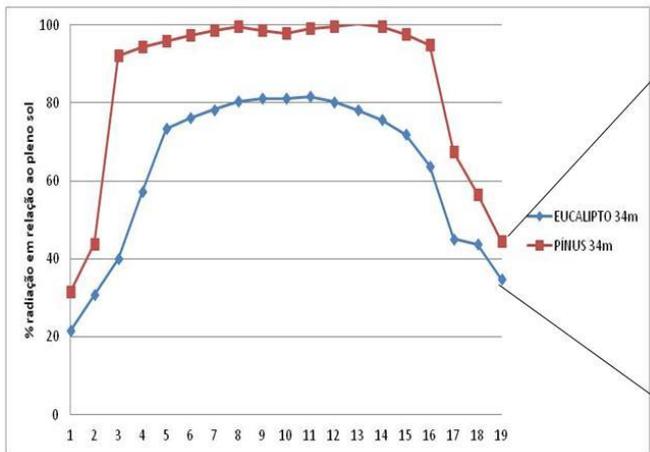


Figura 5. Variação da radiação fotossinteticamente ativa, em % da radiação a pleno sol, nas entrelinhas em um sistema silvipastoril com linhas triplas de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis*. Os sistemas silvipastoris são de 500 árvores ha⁻¹ (3 x 1,5 x 34 m), localizados no Município de Alegrete/RS (Ribaski et al., 2005).

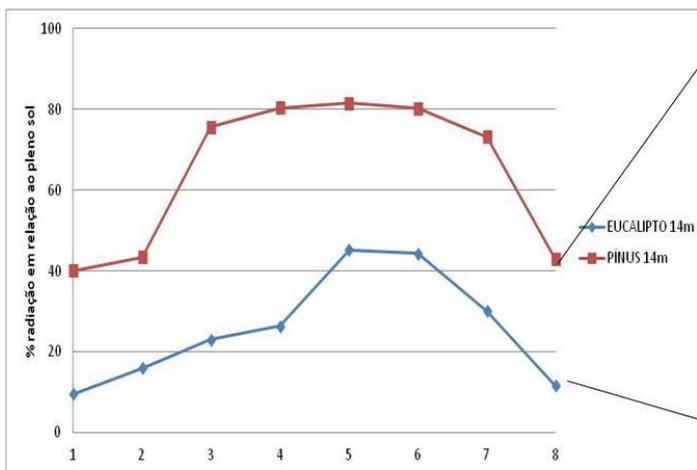


Figura 6. Variação da radiação fotossinteticamente ativa, em % da radiação a pleno sol, nas entrelinhas em um sistema silvipastoril com linhas triplas de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis*. Os sistemas silvipastoris são de 1000 árvores ha⁻¹ (3 x 1,5 x 14 m), localizados no Município de Alegrete/RS (Ribaski et al., 2005).

No que refere ao potencial de forrageiras, vários estudos vem sendo realizados no Sul do Brasil, buscando selecionar e apontar as melhores espécies cultivadas ou exóticas para a integração com árvores. Em um trabalho realizado conjuntamente pelas Embrapas Pecúária Sul, Florestas e Cenargen, UFRGS, UFPR, Unicentro, UTF de Pato Branco/PR, e IAPAR, foi realizado uma análise da produção potencial de espécies forrageiras cultivadas tropicais nos Estados do SC e PR. Neste estudo, foi destacada a produção potencial das seguintes forrageiras de verão (Tabelas 3 e 4, dados destacados em vermelho), em relação ao seu potencial de produção a pleno sol: *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cvs. Aruana, Tanzânia e Mombaça e *Axonopus catharinensis*, crescendo sob *Pinus* sp. nos espaçamentos de linhas simples 15 x 3 (35% de sombra) e 9 x 3m (66% sombra). Observa-se ainda, neste trabalho, a variação na disponibilidade de matéria seca total (MS) de forragem para as principais espécies, quando avaliadas sob a copa e no meio da entrelinha das árvores.

Tabela 3- Produção média de MS de espécies forrageiras a pleno sol, sob a copa e no meio da entrelinha das árvores em diferentes densidades *Pinus taeda* no período de agosto de 2006 a abril de 2007. Abelardo Luz, SC (Soares et. al., 2009).

Espécie	Pleno Sol	15x3		9x3	
		Copa	Meio	Copa	Meio
<i>P. maximum</i> cv. Aruana	27818 a A	9784 c C	20447 b B	2285 ef D	2708 cd D
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	26186 ab A	19866 a B	25375 a A	7166 b C	11802 a C
<i>Axonopus catharinensis</i>	24835 bc A	19153 a B	18850 b B	10151 a C	12401 a C
Tifton 85	24014 bc A	7410 d BC	9553 e B	5260 bc C	5080 b C
<i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk	23229 cd A	13459 b B	8697 e C	4703 cd C	6254 b C
<i>Hemarthria altissima</i>	21118 d A	9741 cd BC	12874 d B	6454 bc C	6943 b C
<i>P. maximum</i> cv. Tanzânia	21072 d A	12256 b B	15535 c AB	941 ef C	1095 de C
<i>P. notatum</i> cv. Pensacola	17352 e A	8608 cd C	12626 d B	0 f D	0 f D
<i>P. maximum</i> cv. Mombaça	13740 f A	13852 b A	10012 e AB	2568 de C	4683 bc BC
<i>Arachis pinto</i> cv. Alqueire	6092 g A	2867 e B	2717 f B	715 ef C	1171 de C
<i>Arachis pinto</i> cv. Amarillo	6014 g A	2396 e B	2009 f B	1124 ef B	1080 de B
Média	19482 A	10340 B	12772 B	4043 C	4862 C

*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

Tabela 4. Massa seca total (MST, Kg ha⁻¹ ano⁻¹) de diferentes forrageiras cultivadas submetidas ao sombreamento de duas densidades de *Pinus taeda*. Dados coletados entre fevereiro de 2006 e fevereiro de 2007 em Pinhais/PR.

Espécies de pastagens	Espaço entre fileiras	
	<i>Pinus</i> 15 x 3 m estande	<i>Pinus</i> 9 x 3 m estande
<i>Panicum maximum</i> cv. Aruana	13.113 b	8.092 ef
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	10.193 cd	11.900 bc
<i>Axonopus catharinensis</i>	9.950 cde	8.288 ef
<i>Cynodon</i> sp. cv. Tifton 85	7.070 fg	4.158 h
<i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk	11.186 cd	9.599 de
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia	15.430 a	10.504 cd
<i>Paspalum notatum</i> cv. Pensacola	6.016 g	3.596 h
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	11.067 cd	10.985 cd
Médias	10.503 A	8390 B

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem significativamente ($P > 0,05$) pelo teste de Duncan.

Além das espécies cultivadas, um recente estudo destacou também o potencial de produção de importantes espécies do campo nativo do sul do Brasil sob diferentes condições de sombreamento (Barro et al., 2010). Entre as espécies avaliadas neste estudo, *Paspalum regnellii*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum* e *Arachis pintoii*, também se observou a variação da produção de forragem em função do nível de sombreamento imposto (Tabela 5). A sombra moderada (50%) teve-se um efeito positivo sobre o rendimento de forragem em relação ao sol pleno; sob sombra intensa (80%) o rendimento de todo genótipos nativos foi reduzido, à exceção de *Paspalum regnellii*. Em termos agronômicos, todos os genótipos apresentam adequado desempenho sob níveis moderados de sombra, destacando-se os maiores rendimentos de *P. regnellii* e *P. dilatatum*, bem como os altos teores de N na biomassa em *P. notatum* e *A. pintoii*, evidenciando serem genótipos promissores para utilização em sub-bosques silvipastoris na Campanha do RS.

Tabela 5- Rendimento médio de matéria seca de *Paspalum regnellii*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum* e *Arachis pintoii*, cultivados sob sol pleno (0% de sombra), sombra moderada (50% de sombra) e sombra intensa (80% de sombra), em dois ciclos de avaliação. Médias de três repetições. Bagé, RS (Barro, 2011)

Genótipo	Nível de sombra (%)	Ciclo 1*		Ciclo 2		Média				
		RENDMS	EP	RENDMS	EP	RENDMS	EP			
<i>P. regnellii</i>										
	0	691,5	A**	52,5	1266,8	AB	53,4	979,2	B	41,8
	50	900,0	A	52,5	1417,4	A	52,4	1158,7	A	41,4
	80	809,5	A	53,4	1144,4	B	52,4	977,0	B	41,8
	média	800,4	b***	30,5	1276,2	a	30,5	1038,3		
<i>P. dilatatum</i>										
	0	558,8	B	54,5	1006,1	A	53,5	782,4	B	42,0
	50	826,8	A	53,5	1017,6	A	53,5	922,2	A	41,6
	80	443,7	B	57,6	836,3	B	53,5	640,0	C	42,9
	média	609,8	b	37,6	953,3	a	36,7	781,6		
<i>P. notatum</i>										
	0	368,7	AB	22,89	513,6	AB	23,1	441,2	B	17,4
	50	423,6	A	22,89	566,4	A	23,1	495,0	A	17,4
	80	275,6	B	23,74	440,7	B	27,7	358,2	C	19,3
	média	356,0	b	15,09	506,9	a	15,9	431,4		
<i>A. pintoii</i>										
	0	494,0	A	38,5	816,7	A	38,5	655,4	A	33,0
	50	415,8	AB	39,9	810,3	A	39,9	613,0	A	33,3
	80	299,5	B	38,5	489,8	B	38,5	394,6	B	33,0
	média	403,1	b	28,4	705,6	a	28,1	554,3		
		542			861			701		

*Ciclo 1= dezembro de 2008 a abril de 2009 e Ciclo 2 =dezembro de 2009 a abril de 2010.

**Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas, para cada genótipo, diferem pelo teste Tukey a 5% de significância.

*** Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas, para cada ciclo de crescimento diferem pelo teste Tukey a 5% de significância.

EP= Erro padrão das médias

Manejo de forrageiras em SSP

O manejo das plantas forrageiras em ambientes sombreados deve ser definido em função dos fundamentos eco-fisiológicos abordados neste artigo, assim como pelas características dinâmicas do ambiente luminoso em um SSP. As forrageiras que crescem no sub-bosque de um SSP estão expostas às condições restritivas de

quantidade e qualidade de radiação e, portanto, o acúmulo de CO₂ fixado pela fotossíntese nas folhas é inferior quando comparado com as plantas que crescem à pleno sol. Esta constatação foi confirmada em diversos trabalhos, como: Wilson & Ludlow (1991) com forrageiras tropicais, Walgenbach & Marten (1981) e Varella (2002) com alfafa, Peri et al. (2002) com *Dactylis* e Dias-Filho (2002) com *Brachiarias*. Isso determina que as plantas em um SSP necessariamente acumulem uma quantidade inferior de reservas (carboidratos e nitrogênio) durante o período de crescimento e, por isso, o manejo deve ser mais cuidadoso e, de certa forma, conservador. No geral, o vigor de rebrote de pastagens submetidas ao sombreamento é menor do que aquele observado em pleno sol, tendo em vista o menor acúmulo de reservas e a menor disponibilidade de radiação. Evidentemente, este comportamento pode se alterar conforme as características de cada SSP e do potencial de produção das espécies forrageiras na sombra. Além disso, normalmente as reservas de plantas sombreadas são translocadas e priorizadas para o crescimento da parte aérea (área foliar) em detrimento do sistema radicular (Wilson & Ludlow, 1991; Peri, 2002; Varella, 2002; Lucas, 2004; Barro, 2011), exceto quando se impõem severas restrições hídricas e/ou minerais de solo. Portanto, é importante que seja mantido um resíduo com boa área foliar remanescente, aplicando uma altura de pastejo acima daquela que seria adotada a pleno sol para determinada espécie ou pastagem. O resíduo pós pastejo (altura pós pastejo) deve, portanto, ser mantido também de forma mais conservadora do que em pastagens a pleno sol, protegendo totalmente os locais de armazenamento destas reservas e permitindo uma área foliar fotossintética residual suficiente para auxiliar a velocidade do rebrote. O controle rigoroso da altura do resíduo da pastagem em um SSP é fundamental para garantir uma boa produtividade e um rebrote mais rápido e deve ser realizado de acordo com as características de cada forrageira.

Considerando estes fundamentos, recomenda-se que o manejo de forrageiras em SSP (condição de forragem no pré e pós pastejo) deve ser realizado, observando atentamente a preservação das reservas nutricionais das plantas, evitando o esgotamento e não comprometendo sua persistência. O momento inicial do pastejo em um SSP deve ser realizado somente após o máximo acúmulo de reservas na planta forrageira. Isso geralmente acontece após o momento de máxima expansão foliar por área de solo na pastagem, ou seja, após atingir o índice de área foliar crítico (IAF crítico). Um bom indicativo para este o momento é quando as folhas (ou perfilhos ou brotações) inferiores estiverem totalmente sombreadas pelas camadas superiores da pastagem, quando começam a apresentar os primeiros sinais de senescência (amarelecimento dos tecidos foliares). Mesmo no sistema de pastejo contínuo em um SSP, este momento inicial de pastejo deve ser aguardado para, então, introduzir bovinos ou ovinos, usando carga animal mais leve do que aquelas recomendadas para as pastagens à pleno sol. Assim, o fundamental é evitar condições de superpastejo em um SSP, situação comumente observada em propriedades rurais, que podem facilmente comprometer o rebrote da pastagem e a sua persistência em condições restritivas de luminosidade.

Considerações finais

A partir de um bom planejamento e tomadas de decisões corretas, é possível integrar as atividades florestal e de pecuária com benefícios econômicos e ambientais. Grande parte do insucesso observado em empreendimentos silvipastoris procede de decisões equivocadas a respeito da escolha e do manejo do ambiente luminoso e

das espécies forrageiras no sistema e que acaba prejudicando o equilíbrio do sistema, tornando-o um típico SSP eventual ou de curto prazo.

O conhecimento dos fundamentos eco-fisiológicos de forrageiras sob sombreamento e a análise do ambiente luminoso em um SSP, nos permite algumas recomendações para o correto planejamento e a condução equilibrada do sistema, particularmente no que se refere ao uso do recurso radiação, como os seguintes:

- O estabelecimento correto da pastagem é fundamental em um SSP. Após a germinação, as forrageiras são totalmente dependentes da atividade fotossintética das folhas existentes. Por isso, a restrição luminosa não é desejável neste momento, mesmo em se tratando de espécies adaptadas à sombra. A semeadura ou plantio da pastagem realizada já com restrição luminosa pode provocar queda do “stand” (número de plantas por área) ou em alguns casos a sobrevivência das plantas. Recomenda-se implantar a pastagem antes do estabelecimento das árvores ou, no máximo, até o primeiro ano de estabelecimento da floresta. Por outro lado, a competição da pastagem com as árvores nos primeiros anos de estabelecimento pode ser facilmente realizada quimicamente ou biologicamente, através do pastejo com ovinos e bovinos jovens.
- Seja qual for o modelo silvipastoril implantado, recomenda-se o monitoramento anual do ambiente luminoso e a manutenção de um nível médio entre 40 e 60% daquele disponível a pleno sol. Níveis de radiação inferiores a este tendem a favorecer o componente arbóreo no sistema, ofertar forragem insuficiente para o desempenho de ruminantes e comprometer a persistência da pastagem. Por outro lado, níveis de radiação superiores a este tendem a favorecer a produção forrageira e animal em detrimento da produção de madeira no sistema. O monitoramento preciso dos níveis de radiação pode ser realizado com equipamentos que possuem sensores de radiação, como: sensores *quantum*, ceptômetros, radiômetros, piranômetros entre outros. É importante que esta medição seja feita em várias transectas fixadas entre as linhas das árvores para não negligenciar a variação espacial na produção de forragem em SSP. Uma alternativa, para quem não dispõe dos equipamentos, é estimar o % de radiação disponível, através de uma relação de tempo de sombreamento e tempo de plena luz. Para tanto, basta dividir a entrelinha das árvores em 3 parcelas (1/3; 1/2 e 1/3), fixar estacas nestes pontos e medir o tempo que leva para iniciar e terminar o movimento das porções da sombra e de sol. Fazer estes procedimentos entre as 10 e 16 horas (quando o ângulo solar está mais elevado) e calcular a média das relações tempo de sol dividido pelo tempo total de sombra + sol, resultando então em uma estimativa do % radiação disponível no SSP.
- Procurar manter a disponibilidade média de 40 a 60% de radiação disponível no sistema ao longo do tempo, lançando mão de práticas de desrama (poda) ou desbaste (corte estratégico) das árvores;
- Preferir espécies forrageiras perenes ou anuais com boa ressemeadura em sistemas silvipastoris, evitando novas semeaduras ou plantios com as árvores já adultas.
- Recomenda-se um manejo de pastagem mais cuidadoso (menor intensidade e menor frequência de pastejo), evitando sempre o sobrepastejo. Lembre-se que pastagens sombreadas realizam menos fotossíntese e, portanto, acumulam menos reservas que uma pastagem a pleno sol;

Bibliografia citada

BARRO, R.S. 2011. Respostas morfofisiológicas e produtivas de genótipos forrageiros nativos em diferentes condições de luminosidade. **Tese**, D.Sc, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 130p.

BARRO, R. S. ; VARELLA, A. C. ; BANGEL, F. V. ; SAIBRO, J. C. ; MEDEIROS, R. B. ; RADIN, B. . **Screening native C4 pasture genotypes for shade tolerance in Southern Brazil**. In: Australian Society of Agronomy Conference, 2010, Lincoln. 15 Australian Society of Agronomy Conference- Food Security from Sustainable Agriculture. Lincoln, 2010.

CASTILHOS, Z. M. S.; BARRO, R. S. ; SAVIAN, J. F. ; AMARAL, H. R. B. . Produção arbórea e animal em sistema silvipastoril com acácia-negra (*Acacia mearnsii*). **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 60, p. 39-47, 2009.

DIAS-FILHO, M.B. 2002. Photosynthetic light response of the c4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.65-68,

GARDNER, F.P.; PEARCE, B.B.; MITCHELL, R.L. 1985. **Physiology of crop plants**. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.

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. 127 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

PERI, P. L. 2002. **Leaf and canopy photosynthesis models for cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) grown in a silvopastoral system**. 2002. 291 f. Thesis, PhD, Lincoln University, Lincoln, Canterbury, New Zealand, 2002.

PERI, P.L., MCNEIL, D.L., MOOT, D.J., VARELLA, A.C., LUCAS, R.J. 2002. Net photosynthetic rate of cocksfoot leaves under continuous and fluctuating shade conditions in the field. **Grass and Forage Science**, v. 57, p. 157-170.

RIBASKI, J.DEDECEK, R.A.; MATTEI, V.L.; FLORES, C.A.; VARGAS, A.F.C.; RIBASKI, S.A.G. 2005. **Sistemas Silvipastoris: Estratégias para o Desenvolvimento Rural Sustentável para a Metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul**. Colombo/PR: Embrapa Florestas, 2005, 8p (Embrapa CNPF, Comunicado Técnico, 150).

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

SILVA, J. L. S.; BARRO, R. S. O estado da arte em integração silvipastoril. In: Ciclo de palestras em produção e manejo de bovinos - ênfase: produção animal:

mitos, pesquisa e adoção de tecnologia, 10., 2005, Canoas. **Anais...** Canoas: Ed. ULBRA, 2005. p. 45-107.

VARELLA, A. C.; SAIBRO, J. C. Uso de bovinos e ovinos como agentes de controle da vegetação nativa sob três populações de eucalipto. **Revista Brasileira de Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science**, v. 28, p. 30-34, 1999.

VARELLA, A.C. 2002. **Modelling lucerne (*Medicago sativa* L.) crop response to light regimes in an agroforestry system**. Thesis, Ph.D, Lincoln University, Lincoln, Canterbury, New Zealand, 269p.

VARELLA, A.C. Escolha e manejo de plantas forrageiras para sistemas de integração floresta-pecuária no sul do Brasil. In: Seminários de Pecuária de Corte, V, 2008, Bagé, RS, **Palestras...** Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2008. p. 67-83 (disponível em <http://www.embrapa.cppsul.br/publicações>)

VARELLA, A.C.; MOOT, D. J. ; POLLOCK, K.M. ; PERI, P.L. ; LUCAS, R. J. . Do light and alfalfa responses to cloth and slatted shade represent those measured under an agroforestry system?. **Agroforestry Systems**, v. 81, n.2, p. 157-173, 2011.

VEIGA, J.B.; SERRÃO, E.A.S. **Sistemas silvipastoris e produção animal nos trópicos úmidos: a experiência da Amazônia brasileira**. Campinas: SBZ/FEALQ, 1990. p. 37-68.

WALGENBACH, RP, & MARTEN, GC. 1981. Release of soluble protein and nitrogen in alfalfa. III. Influence of shading. **Crop Science**, 21(6), 859-862.

WILSON, JR., & LUDLOW, MM. 1991. The environment and potential growth of herbage under plantations. In HM Shelton, & WW Stur (eds.). *Forages for plantation crops: Proceedings of a workshop*, Sanur Beach, Bali, Indonesia, 27-29 June 1990: ACIAR, 10-24pp.