

## Habilidade competitiva de capim aries com plantas daninhas no estabelecimento: características morfológicas<sup>1</sup>

Competitive ability with weeds during the establishment of aries grass: morphological characteristics

Leonardo Silvestri Szymczak<sup>2\*</sup>, Mauricio Zanovello Schuster<sup>2</sup>, Sebastião Brasil Campos Lustosa<sup>3</sup>, Claudete Reisdörfer Lang<sup>4</sup> e Anibal de Moraes<sup>4</sup>

**RESUMO** - Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a competição interespecífica do *Panicum maximum* cv. Aries no período de estabelecimento, sendo os fatores estudados os níveis de sombreamento e de nitrogênio. Os níveis de sombreamento provocados pelas plantas daninhas foram de 0%, até 40%, até 70% e 60%, na ausência e na presença de nitrogênio. Foram analisados: altura de planta, dinâmica de perfilhamento, índice de área foliar (IAF), matéria seca, material senescente de folha e intensidade de competição relativa (ICR) de *P. maximum* cv. Aries com as plantas daninhas. Os dados foram submetidos a testes de homogeneidade de variâncias e normalidade de resíduos, e então realizados análises de variância (ANOVA), teste de média (Tukey) ao nível de 5% de probabilidade e regressão. As características morfológicas e produtividade do *P. maximum* cv. Aries apresentaram melhores respostas em condição de não interferência das plantas daninhas. O nitrogênio contribuiu para um melhor desenvolvimento de *P. maximum* cv. Aries, contudo no tratamento de convívio com as plantas daninhas sem corte houve o domínio sobre o *P. maximum* cv. Aries. O corte realizado nas plantas daninhas promoveu a diminuição da intensidade de competição interespecífica. A condição variável de sombreamento no tempo exprime diferentes respostas morfológicas em comparação com uma condição homogênea, interferindo principalmente na velocidade de estabelecimento do *P. maximum* cv. Aries.

**Palavras-chave:** *Panicum maximum*. Sombreamento. Nitrogênio. Matéria seca. Intensidade de competição.

**ABSTRACT** - The aim of this research was to evaluate interspecific competition in *Panicum maximum* cv. Aries during the establishment period, studying the factors of shading and nitrogen levels. The levels of shading caused by the weeds ranged from 0% and 40% to 70% and 60% with no nitrogen and in the presence of nitrogen. Analyses were made of plant height, tiller dynamics, leaf area index (IAF), dry matter, senescent leaf material and relative competition intensity (ICR) in *P. maximum* cv. Aries when with weeds. The data were submitted to tests for homogeneity of variance and residual normality; analysis of variance (ANOVA), Tukey's mean difference test at 5% probability, and regression analysis were then carried out. The morphological and yield characteristics of *P. maximum* cv. Aries responded better where there was no interference from the weeds. Nitrogen contributed to greater development in *P. maximum* cv. Aries, but when coexisting with the uncut weeds, the weeds dominated the *P. maximum* cv. Aries. Cutting the weeds caused a reduction in the intensity of interspecific competition. The variable conditions of shade over time express different morphological responses in comparison to a homogeneous situation, mainly interfering in the speed of establishment of *P. maximum* cv. Aries.

**Key words:** *Panicum maximum*. Shading. Nitrogen. Dry matter. Competition intensity.

\*Autor para correspondência

DOI: 10.5935/1806-6690.20160057

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 24/02/2015; aprovado em 14/09/2015

Extraído da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, trabalho foi auxiliado por bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Produção Vegetal, Universidade Federal do Paraná/UFPR, Rua dos Funcionários, 1.540, Curitiba-PR, Brasil, 80.035-050, sisz.leonardo@gmail.com, mauricioschus@gmail.com

<sup>3</sup>Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Centro-Oeste/UNICENTRO, Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, Guarapuava-PR, Brasil, 85.040-080, slustosa@unicentro.br

<sup>4</sup>Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná/UFPR, Rua, dos Funcionários, 1.540, Curitiba-PR, Brasil, 80.035-050, langc@ufpr.com.br, anibalm@ufpr.br

## INTRODUÇÃO

No desenvolvimento inicial de plantas há diversos fatores que influenciam em um bom estabelecimento, que estão ligados aos processos que vão da germinação à competição com as plantas daninhas (COOK, 2007).

A competição, conforme Weigelt e Jolliffe (2003), é definida como interação entre indivíduos, provocada por um requisito em comum ou por um recurso em quantidade limitada, que conduz a uma redução do desempenho de pelo menos alguns indivíduos concorrentes.

Em uma comunidade vegetal, principalmente quando se tem a presença de plantas daninhas em uma cultura, a distribuição como também o estágio de cada indivíduo e espécie são bastante desiguais (BOURGEOIS *et al.*, 2012; COLBACH *et al.*, 2006). Esta heterogeneidade temporal e espacial entre as espécies proporciona também grande variabilidade de dosséis, tornando a competição complexa (MUNIER-JOLAIN; GUYOT; COLBACH, 2013).

Nessas condições, de alta densidade de plantas em uma mesma área, há alta competição pela radiação solar, promovendo maior captação pelo dossel da comunidade, criando diversos padrões de estratos de quantidade e qualidade de luz em órgãos e plantas posicionados mais abaixo do dossel (APHALO; BALLARÉ; SCOPEL, 1999; MUNIER-JOLAIN; GUYOT; COLBACH, 2013).

Sendo assim, há maior absorção de comprimentos de onda do vermelho (600-700 nm) e azul (400-500 nm), refletindo e transmitindo comprimento de onda do vermelho-longo (700-800 nm), o que promove diminuição da relação vermelho/vermelho-distante incidentes no solo (APHALO; BALLARÉ; SCOPEL, 1999; GOMMERS *et al.*, 2013).

Condições que excitam às respostas plásticas de modulação das plantas em função da luz, como, alongação de órgãos, diminuição da ramificação, aumento da senescência foliar e de perfilhos, promoção de perfilhos mais eretos e estiolados (BALLARÉ; CASAL, 2000; GOMMERS *et al.*, 2013). Outras respostas estão na menor área foliar específica, menor relação folha/colmo, menor densidade de perfilhos (DEISS *et al.*, 2014; EVERS *et al.*, 2007; WAN; SOSEBEE, 1998), maior altura (DAN *et al.*, 2010), como também menor produção de matéria seca da parte aérea (KYRIAZOPOULOS *et al.*, 2012).

Entretanto, a utilização de adubação nitrogenada pode promover efeito positivo na estrutura da captação da luz para a realização da fotossíntese (GASTAL; LEMAIRE, 2002), aumento do índice de área foliar (IAF), da altura de plantas, perfilhamento e produção de folhas (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996; MAHAJAN *et al.*,

2012; ROSTAMZA *et al.*, 2011), que poderia auxiliar contra as respostas negativas do sombreamento.

O resultado da competição com as plantas daninhas no período do estabelecimento de pastagem pode promover redução de até 96% da produção de massa de matéria seca total (SCHUSTER *et al.*, 2013), sendo dependente da eficácia de cada espécie em concorrer na limitação dos recursos; capacidade de resposta de cada espécie para a distribuição dos recursos e os efeitos das espécies em diferentes proporções na mistura dos dois fatores anteriores (JOLLIFFE, 2000; JOLLIFFE; MINJAS; RUNECKLES, 1984; STACHOVÁ; FIBICH; LEPS, 2013).

Em condição de campo a competição é um processo dinâmico e complexo, pois há respostas tanto da forrageira como também das plantas daninhas, dependente da condição momentânea, sendo necessário e muito importante o detalhamento dos fatores envolvidos ao longo do tempo para melhor compressão das respostas vegetais (WEIGELT; JOLLIFFE, 2003).

Dessa forma, objetivou-se avaliar as características morfológicas e de produtividade no período de estabelecimento de *Panicum maximum* cv. Aries, em condição de sombreamento variável ao longo do tempo (condição dependente do crescimento das plantas daninhas) e níveis de nitrogênio como fatores de competição interespecífica.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Cangiiri da Universidade Federal do Paraná - UFPR, localizada no município de Pinhais, Paraná, onde o clima da região é o cfb, sem estação seca, com verões frescos e inverno moderado, conforme a classificação de Köppen, em altitude de aproximadamente de 900 m e com precipitação média anual de 1.400 a 1.600 mm. Cartograficamente localizada a 25°26'41" de latitude Sul e 49°11'33" de longitude Oeste.

A semeadura do *P. maximum* cv. Aries foi realizada em linha espaçada por 0,17 m na data de 13 de janeiro de 2013 na densidade de 9 kg ha<sup>-1</sup>, após preparo do solo com cultivo mínimo (uma gradagem). Verificou-se que houve variação de 28 a 60 plantas m<sup>-2</sup> no experimento. Foram aplicados 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco de semeadura e 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O a lanço. O período do experimento foi realizado de 18 de fevereiro a 08 de abril de 2013, ou seja, na fase de estabelecimento do *P. maximum* cv Aries, que foi considerado nesse experimento o período da semeadura até o nível de 95% de interceptação luminosa da forrageira, para a utilização da pastagem após o inverno.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas no tempo com quatro repetições. Os tratamentos alocados em parcelas de 5 x 2,5 m compuseram uma esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro níveis de sombreamento e aplicação ou não de nitrogênio. Nas subparcelas foram estudadas sete épocas de avaliação.

A porcentagem de sombreamento que as plantas daninhas promoveram sobre o estabelecimento da *P. maximum* cv. Aries foi determinada sem a interferência das plantas daninhas (testemunha – 0% sombreamento); até 40% de sombreamento; até 70% de sombreamento e convívio total com as plantas daninhas durante o período do experimento, que se obteve sombreamento médio de 60% (Figura 1).

O segundo fator avaliado foi a influência ou não da adubação nitrogenada, na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia com aplicação única a lanço, quando as plantas estavam com quatro folhas. Conforme a análise do solo, o solo do experimento na profundidade de 0,00-0,20 m apresentou 6,74% de matéria orgânica ( $[C_{\text{orgânico}} \times 1,74]/10$ ), pH = 5,10 (CaCl<sub>2</sub>), Al trocável = 0,10 (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), K = 0,10 (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Ca = 5,40 (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), 3,55 (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), V(%) = 55,50 e P = 2,30 (mg dm<sup>-3</sup>).

Para avaliação do sombreamento foi utilizado o aparelho Ceptômetro (a partir da determinação da radiação fotossinteticamente ativa - RFA), sendo realizadas cinco medições por parcela a cada sete dias da porcentagem de sombreamento acima do dossel forrageiro, ou seja, abaixo do dossel da comunidade de plantas daninhas. Quando encontrada a porcentagem de sombreamento desejada (até 40% e até 70%), realizou-se a roçada, com uma roçadeira costal, cortando somente

a porção acima da altura das plantas de *P. maximum* cv. Aries, ou seja, cortando a porção das plantas daninhas que estavam acima do dossel forrageiro e que por sua vez não afetava as plantas de Capim Aries. No convívio total com as plantas daninhas não foi realizado nenhum corte ao longo do tempo (Figura 1).

Foram realizadas sete avaliações, a cada sete dias, de altura, número de perfilhos, matéria seca (total e folha senescente), índice de área foliar (IAF) e intensidade de competição relativa (ICR) interespecífica do *P. maximum* cv. Aries (Equação 1), de acordo com Weigelt e Jolliffe (2003) e Grace (1995).

$$ICR = \frac{(MS_{\text{mono}} - MS_{\text{mix}})}{MS_{\text{mono}}} \quad (1)$$

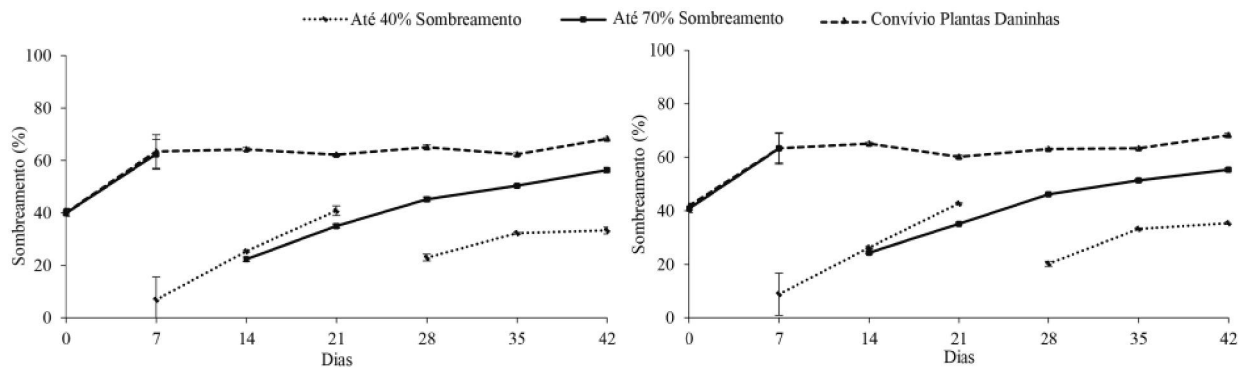
onde: ICR é Intensidade de competição relativa interespecífica,  $MS_{\text{mono}}$  é matéria seca de *P. maximum* cv. Aries em monocultura e  $MS_{\text{mix}}$  é matéria seca de *P. maximum* cv. Aries na presença de plantas daninhas.

Na condição sem interferência das plantas daninhas foi realizado o controle manual, durante o experimento, deixando somente as plantas de *P. maximum* cv. Aries nas parcelas.

Realizou-se o levantamento fitossociológico das plantas daninhas quantificando-se as espécies presentes no experimento.

Foram encontradas diversas espécies de plantas daninhas com distribuição desuniforme nas parcelas. Todas as espécies encontradas no experimento foram: *Raphanus raphanistrum*, *Bidens pilosa*, *Ipomoea* sp., *Euphorbia heterophylla*, *Urochloa plataginea*, *Cyperus esculentus*, *Galinsoga parviflora*, *Cynodon dactylon*,

**Figura 1** - Porcentagem de sombreamento provocado pelas plantas daninhas acima do dossel do *Panicum maximum* cv. Aries conforme os tratamentos adotados ao longo do tempo, sem nitrogênio (à esquerda) e com 200 kg ha<sup>-1</sup> (à direita). O corte significa que foi alcançada a porcentagem desejada nos tratamentos (até 40% de sombreamento ● e até 70% de sombreamento ■). No convívio com as plantas daninhas o sombreamento médio foi de 60%. A barra (⊥) representa o desvio padrão calculado a cada sete dias e para cada tratamento de sombra



*Digitaria horizontalis*, *Richardia brasiliensis*, *Eleusine indica*, *Sida rhombifolia*, *Avena strigosa*, *Oxalis latifolia*, *Rumex obtusifolius*, *Vicia sativa*, *Setaria geniculata*, *Plantago tomentosa*, *Gnaphalium spicatum*, *Aipium leptophyllum* e *Oxalis corniculata*.

Para cada coleta utilizou-se amostras de 0,25 m<sup>2</sup> na forma sistêmica dentro das parcelas (sete amostras por parcela), onde se realizou as avaliações do *P. maximum* cv. Aries e das plantas daninhas. Para a produção de matéria seca foi realizada a separação morfológica e acondicionado em sacos de papel e secas em estufas até atingir peso constante. A área foliar foi determinada através de uma porcentagem representativa da amostra total e estimado com o software WinRhizo<sup>®</sup>. A obtenção da altura das plantas foi a medida da distância do colo até a ponta da folha na condição de perfilho estendido.

A soma térmica (ST) foi calculada utilizando a soma da temperatura média diária menos a temperatura base, expressa em graus dias (GD), e no experimento utilizou-se 10 °C como temperatura base (BONHOMME, 2000; MORENO *et al.*, 2014). Durante o experimento a temperatura mínima foi sempre maior que a temperatura base; dessa forma utilizou-se a Equação 2 para calcular a soma térmica.

$$ST = \sum T_m - T_b \quad (2)$$

onde: ST é a soma térmica, T<sub>m</sub> é temperatura média diária T<sub>b</sub> é a temperatura base.

Os dados foram submetidos a testes de homogeneidade de variâncias e normalidade de resíduos. E então realizadas análises de variância (ANOVA), teste de média (Tukey) ao nível de significância de 5% de probabilidade e regressão, através da utilização do programa Statistica. A escolha dos modelos para cada variável baseou-se na significância dos parâmetros e nos valores de R<sup>2</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sombreamento no convívio total com as plantas daninhas, sem corte, foi crescente nos primeiros sete dias, ocorrendo aumento nos dias seguintes, mantendo uma média em torno de 60% de sombra até o final do experimento. Com até 40% de sombreamento houve dois momentos em que foram alcançados os limites de sombreamento, em resposta ao crescimento das plantas daninhas. Para até 70% de sombreamento o limite foi alcançado somente uma vez, sendo este no décimo primeiro dia do experimento. Sendo assim, houve variações nas porcentagens de sombra ao longo do tempo, para esses dois últimos tratamentos (Figura 1).

Estes resultados são frutos das interações entre as respostas do *P. maximum* cv. Aries e as plantas daninhas, que são em função da habilidade competitiva das espécies, como taxas de crescimento geralmente maiores, comparados com as espécies cultiváveis (DE RIBOU *et al.*, 2013). Dessa forma, pode ter ocorrido resposta de fuga da sombra nas condições de sombreamento variável.

Verificou-se que houve efeito de interação entre os fatores nas variáveis altura, dinâmica de perfilhos, IAF e produção de matéria seca. Para material senescente de folhas houve efeito significativo dos fatores nitrogênio e sombreamento isolados e ICR efeito somente do sombreamento (Tabela 1).

Para a altura por plantas a interação entre sombreamento e nitrogênio ocorreu na soma térmica de 449,50 GD e 511,95 GD (p<0,05) (Tabela 1), promovendo assim, aumento da altura do *P. maximum* cv. Aries. O comportamento ao longo do tempo das curvas foi exponencial, sendo que as maiores médias de altura nos tratamentos com 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio ocorreram com até 70% de sombreamento, seguido de até 40% de sombreamento, 60% de sombreamento e 0% de sombreamento. Nos tratamentos sem nitrogênio os resultados foram bastante parecidos entre eles, verificando que as maiores médias de altura ocorreram com 60% de sombreamento, até 40% de sombreamento, 0% de sombreamento e até 70% de sombreamento respectivamente (Figura 2).

Durante o desenvolvimento do *P. maximum* cv. Aries, a influência positiva da interação nitrogênio-sombreamento na altura, possivelmente está em resposta à fuga a sombra, ou seja, resposta à mudança na qualidade de luz. Nessas condições, o fitocromo é convertido da forma ativa para a forma inativa, promovendo ativação de proteínas PIFs que se liga a promotores e regula a expressão de genes-alvo. Dessa forma, há aumento da biossíntese de auxina que por sua vez é transportado para a epiderme, para o controle do alongamento das células. As auxinas ainda interagem com brassinosteróides, um potente estimulador do crescimento. Ainda nessas condições ocorre também a produção de etileno. Hormônios pelos quais são responsáveis pelo alongamento vegetal para a resposta da fuga da sombra (hiponastia) (GOMMERS *et al.*, 2013; RUBERTI *et al.*, 2012).

Aliado a isso, o nitrogênio atua na promoção do crescimento da planta, participando de diversos processos fisiológicos e de compostos essenciais como proteínas, clorofilas, ácidos nucleicos, dentre muitos outros (TAIZ; ZEIGER, 2010).

Em relação a dinâmica de perfilhamento verificou-se que houve interação entre luz e nitrogênio nos 567,80

**Tabela 1** - Análise de variância (ANOVA) em função dos níveis de sombreamento provocados pelas plantas daninhas acima do dossel forrageiro e doses nitrogênio (sem e com 200 kg ha<sup>-1</sup>) para altura por planta, número de perfilhos por planta, matéria seca por planta (MS), folha senescente por planta, índice de área foliar (IAF) e intensidade de competição relativa (ICR) interespecífica, ao longo do experimento (soma térmica em graus dias)

		Soma Térmica (Graus Dias)						
		279,30	361,25	449,50	511,95	567,80	628,45	696,65
Altura	S	0,085 <sup>NS</sup>	0,555 <sup>NS</sup>	0,002**	0,012*	0,110 <sup>NS</sup>	0,197 <sup>NS</sup>	0,888 <sup>NS</sup>
	N	0,087 <sup>NS</sup>	0,049*	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**
	I	0,133 <sup>NS</sup>	0,676 <sup>NS</sup>	0,019*	0,018*	0,085 <sup>NS</sup>	0,107 <sup>NS</sup>	0,258 <sup>NS</sup>
Perfilhos	S	0,849 <sup>NS</sup>	0,187 <sup>NS</sup>	0,009**	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**
	N	0,508 <sup>NS</sup>	0,024*	0,020*	0,012*	0,011*	0,012*	0,046*
	I	0,669 <sup>NS</sup>	0,824 <sup>NS</sup>	0,133 <sup>NS</sup>	0,154 <sup>NS</sup>	0,009**	0,366 <sup>NS</sup>	0,586 <sup>NS</sup>
IAF	S	0,414 <sup>NS</sup>	0,337 <sup>NS</sup>	0,612 <sup>NS</sup>	0,000**	0,003**	0,000**	0,000**
	N	0,228 <sup>NS</sup>	0,008**	0,001**	0,001**	0,000**	0,001**	0,000**
	I	0,091 <sup>NS</sup>	0,543 <sup>NS</sup>	0,110 <sup>NS</sup>	0,735 <sup>NS</sup>	0,087 <sup>NS</sup>	0,337 <sup>NS</sup>	0,005**
MS	S	0,520 <sup>NS</sup>	0,725 <sup>NS</sup>	0,625 <sup>NS</sup>	0,000**	0,002**	0,007**	0,000**
	N	0,209 <sup>NS</sup>	0,022*	0,004**	0,000**	0,000**	0,002**	0,000**
	I	0,707 <sup>NS</sup>	0,911 <sup>NS</sup>	0,173 <sup>NS</sup>	0,611 <sup>NS</sup>	0,057 <sup>NS</sup>	0,716 <sup>NS</sup>	0,000**
Senescente	S	-	-	0,432 <sup>NS</sup>	0,198 <sup>NS</sup>	0,637 <sup>NS</sup>	0,056 <sup>NS</sup>	0,033*
	N	-	-	0,123 <sup>NS</sup>	0,076 <sup>NS</sup>	0,005**	0,000**	0,000**
	I	-	-	0,129 <sup>NS</sup>	0,994 <sup>NS</sup>	0,962 <sup>NS</sup>	0,460 <sup>NS</sup>	0,570 <sup>NS</sup>
ICR	S	0,346 <sup>NS</sup>	0,790 <sup>NS</sup>	0,385 <sup>NS</sup>	0,000**	0,003**	0,021*	0,000**
	N	0,265 <sup>NS</sup>	0,066 <sup>NS</sup>	0,299 <sup>NS</sup>	0,955 <sup>NS</sup>	0,067 <sup>NS</sup>	0,632 <sup>NS</sup>	0,699 <sup>NS</sup>
	I	0,887 <sup>NS</sup>	0,692 <sup>NS</sup>	0,123 <sup>NS</sup>	0,934 <sup>NS</sup>	0,229 <sup>NS</sup>	0,193 <sup>NS</sup>	0,950 <sup>NS</sup>

<sup>NS</sup> Diferença não significativa; \*\*p<0,01; \*p<0,05. S: Sombreamento; N: Nitrogênio e I: Interação entre nitrogênio e níveis de sombra. - indica que não houve material senescente de folha no período

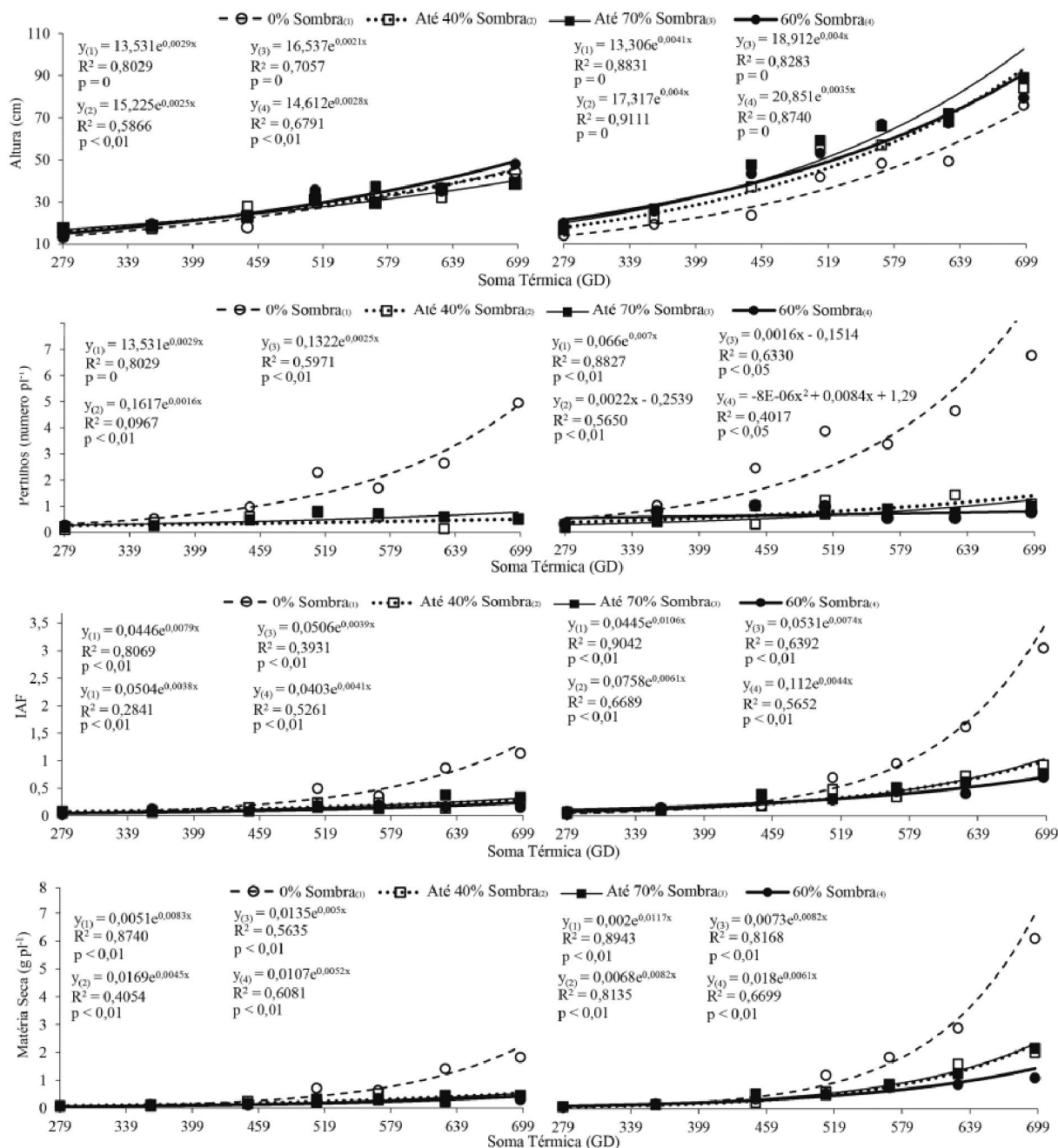
GD (p<0,01) (Tabela 1), proporcionando aumento no número de perfilhos. Assim, com adubação nitrogenada verificaram-se maiores médias para 0% de sombreamento, seguido de até 40% de sombreamento, até 70% de sombreamento e 60% de sombreamento. Sem a adubação nitrogenada as maiores médias foram para 0% de sombreamento, seguido de até 70% interceptação luminosa e até 40% de interceptação luminosa. Não foi verificado significância (p>0,05) na condição de 60% de sombreamento sem nitrogênio (Figura 2).

O perfilhamento foi negativamente influenciado pelo sombreamento, comprometendo a formação de novos perfilhos. Na condição de sem adubação nitrogenada os tratamentos sombreados, a partir dos 511,95 GD, sofreram o processo de mortalidade. Sob adubação e sombreamento variável não foi verificado a morte de perfilhos (comportamento linear), porém para o sombreamento de 60% a redução iniciou após os 567,80 GD. Sem a interferência das plantas daninhas o nutriente proporcionou aumento no número de perfilhos (Figura 2).

A relação vermelho/vermelho-longo tem influência no perfilhamento (EVERS *et al.*, 2011). Possivelmente, a pequena diferença entre os tratamentos com a interferência das plantas daninhas está relacionada à grande quantidade de espécies na competição e a proximidade dos níveis de sombra adotados no experimento. Pois mesmo realizando o corte acima do dossel forrageiro, havia espécies de menor porte, bem como a própria área foliar do *P. maximum* cv. Aries, na interceptação da luz incidente no solo.

Sob condições de alta relação de vermelho, há promoção da quebra de dormência das gemas, estas que estão localizadas na base da planta, como uma resposta da sinalização de vegetação circundante. A intensidade luminosa também tem papel importante nesse processo, pois em altas intensidades ocorrem altas taxas de assimilação, e por consequência, alta proporção fonte/dreno. Dessa forma, ocorre o aumento da translocação de fotoassimilados para as gemas, servindo de estímulo para o crescimento de novos perfilhos (EVERS *et al.*, 2011).

**Figura 2** - Altura (a), dinâmica de perfilhos (b), índice de área foliar (IAF) (c) e produção de matéria seca (d) média por planta do *Panicum maximum* cv. Ariés ao longo do tempo (soma térmica em graus dias) em função do sombreamento provocado por plantas daninhas acima do dossel forrageiro e das doses de nitrogênio (à esquerda sem nitrogênio e à direita com 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio)



O aumento no perfilhamento pelo nitrogênio (Figura 2) pode estar relacionado a dois principais fatores. Primeiro, no estado nutricional das plantas, pois o elemento tem influência na síntese de enzimas que atuam como transportadores hormonais como, por exemplo, auxina, citocinina e estrigolactona, que desempenham

funções no perfilhamento (EVERS *et al.*, 2011). E no desenvolvimento de locais potenciais nas gemas para o aparecimento de novos perfilhos, devido ao pequeno efeito significativo do nitrogênio na taxa de aparecimento de folhas (CRUZ; BOVAL, 2000; GASTAL; LEMAIRE, 2002).

No IAF o aumento proporcionado pela interação entre luz e sombreamento ocorreu nos 696,65 GD ( $p < 0,01$ ) (Tabela 1). Os tratamentos com 0% de sombreamento obtiveram maior IAF, comparado com os demais. Com adubação nitrogenada verificou-se maior média para 0% de sombreamento, seguido de até 40% e até 70% de sombreamento, estes sem diferença, e a menor média foi encontrada para 60% de sombreamento. Sem adubação nitrogenada houve diferença entre as condições de sombreamento e sol pleno. Para todos os tratamentos o comportamento da curva ao longo do tempo foi exponencial (Figura 2).

O IAF foi influenciado pelo perfilhamento, ou seja, com o aumento dos números de perfilho há maior produção de folha que reflete em um maior IAF (Figura 2). Resultados parecidos foram encontrados por Baldissera *et al.* (2014), porém com *Medicago sativa*, em que a ramificação e área foliar foram afetadas pela competição por luz, que promove menor capacidade de captação de luz.

Juntamente com o efeito do perfilhamento, o nitrogênio pode ter efeitos diretos no aumento do IAF (Figura 2). O elemento promove aumento na taxa de alongação e tamanho de folhas, principalmente devido ao aumento da divisão e expansão celular (CRUZ; BOVAL, 2000; GASTAL; LEMAIRE, 2002), que por sua vez tem influência direta na altura de plantas, condição que pode ter ocorrido no tratamento de até 70% de sombreamento com nitrogênio (Figura 2).

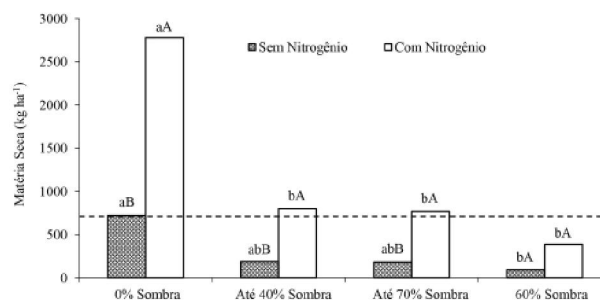
A produção de matéria seca por planta foi influenciada pela interação luz-nitrogênio nos 696,65 GD ( $p < 0,01$ ) (Tabela 1), sendo que o comportamento da curva ao longo do tempo foi exponencial (Figura 2), possivelmente devido não ter sido alcançado os 95% de interceptação luminosa até o final do experimento.

Nos 696,65 GD o tratamento de 0% de sombreamento, com adubação nitrogenada, foram estatisticamente diferentes dos tratamentos com competição com as plantas daninhas, obtendo assim maiores ganhos na produção final de matéria seca. Sem adubação a diferença foi somente entre 0% de sombreamento e 60% de sombreamento (Figura 3).

As folhas iniciaram o processo de senescência a partir da soma térmica de 449,50 GD. A produção de material senescente de folhas foi influenciada pelo nitrogênio a partir de 567,80 GD, o qual promoveu aumento da produção de massa de material senescente ( $p < 0,01$ ) (Tabela 1).

Nos 696,65 GD apesar do efeito significativo do nitrogênio, o sombreamento provocou diminuição de massa de material senescente ( $p < 0,05$ ) (Tabela 1). Verificando

**Figura 3** - Produção de matéria seca total ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de *Panicum maximum* cv. Aries no final do experimento em função do sombreamento provocado por plantas daninhas acima do dossel forrageiro e doses de nitrogênio. Letras maiúsculas iguais não diferem entre si para os tratamentos com nitrogênio e letras minúsculas iguais não diferem entre si para os tratamentos de sombreamento ao nível de 1% de significância. A linha tracejada indica a máxima produtividade no tratamento sem plantas daninhas e sem nitrogênio



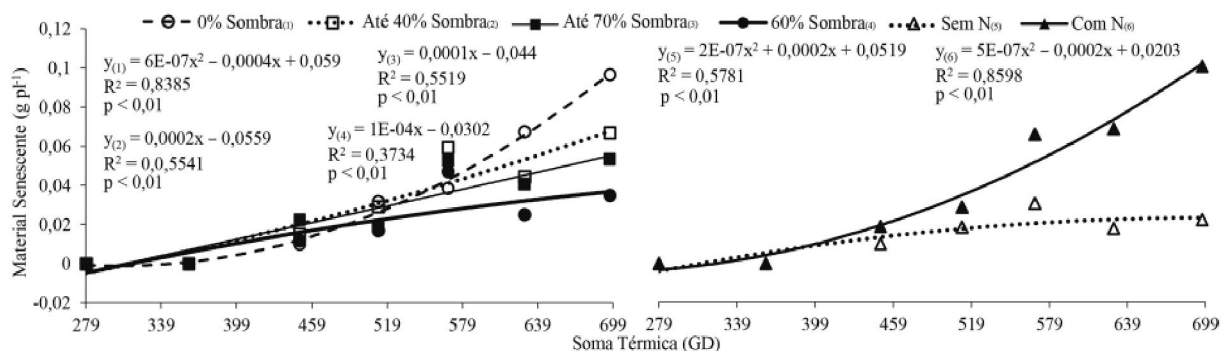
dessa forma que as maiores médias de produção de material senescente de folha ocorreram nos tratamentos com 0% de sombreamento, seguido de até 40% de sombreamento, até 70% de sombreamento e 60% de sombreamento. A produção de material senescente foi maior quando adubado com nitrogênio, o que provavelmente se deve à maior produção de massa verde. O comportamento da curva para 0% de sombreamento foi polinomial e para os demais tratamentos foi linear ao longo do tempo. Para sem e com nitrogênio o comportamento foi polinomial (Figura 4).

As respostas de senescência de folhas (Figura 4) podem estar relacionadas a dois principais fatores, a taxa de crescimento da planta e a duração de vida das folhas.

O nitrogênio promove aumentos da taxa de crescimento das plantas, que promove aumento da senescência, como função do balanço do aparecimento de novos órgãos (CRUZ; BOVAL, 2000). A duração de vida da folha é governada pela taxa de alongação e o tamanho de folha. Assim, como mencionado acima, o nitrogênio promove aumentos na taxa de alongação de folhas que consequentemente diminui o tempo de vida das folhas (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). A redução da senescência promovida pelo sombreamento pode estar relacionada com a diminuição da taxa de crescimento da planta, tal como com o aumento do tamanho das folhas (GASTAL; LEMAIRE, 2002), como citado acima.

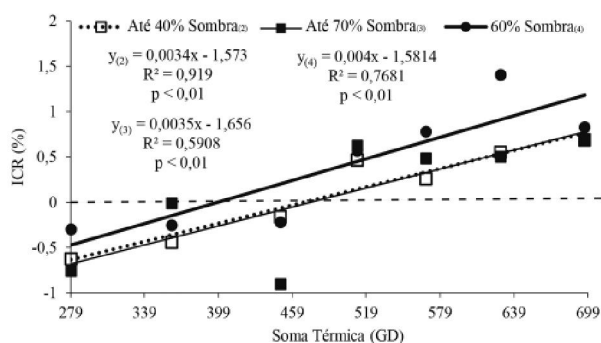
O aumento da ICR interespecífica foi em função do sombreamento nos períodos de 511,95 GD, 567,80 GD ( $p < 0,01$ ) e 628,45 GD ( $p < 0,05$ ) (Tabela 1). Sendo

**Figura 4** - Material senescente de folha por planta de *Panicum maximum* cv. Aries ao longo do tempo (soma térmica em graus dias) em função do sombreamento provocado por plantas daninhas acima do dossel forrageiro (à esquerda) e na condição de sem e com 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (à direita)



assim, nos 60% de sombreamento a ICR foi maior desde o início do experimento, pois nessa condição não foi realizado o corte do dossel das plantas daninhas, o que proporcionou dominância sobre *P. maximum* cv. Aries (Figura 5).

**Figura 5** - Intensidade de competição relativa (RCI) interespecífica por planta de *Panicum maximum* cv. Aries ao longo do tempo (soma térmica em graus dias) em função do sombreamento provocado por plantas daninhas acima do dossel forrageiro. Linha tracejada representa a condição sem a interferência das plantas daninhas (0% de sombreamento)



O preparo mínimo do solo favoreceu o aparecimento de 19 espécies de plantas daninhas, como citadas anteriormente no material e métodos, em competição com o *P. maximum* cv. Aries, em que as diversas espécies promoveram o sombreamento sob a forrageira, dependente do tratamento, do início ao final do experimento.

O nitrogênio proporcionou melhores condições para o desenvolvimento do *P. maximum* cv. Aries, mas também favoreceu o desenvolvimento da estrutura do dossel das plantas daninhas, especialmente na condição de crescimento sem o corte, como promotor do sombreamento. Já para as condições que houve o corte (até 40% e até 70%) foi necessária a restauração da parte aérea, favorecendo assim a maior entrada de luz no dossel. Porém, esse rebrote das plantas daninhas, exige maior necessidade de nitrogênio, que pode ter levado a uma maior competição no solo pelo nutriente, principalmente quando essa competição é por plantas de metabolismo diferentes.

Em condições restritivas (competição) de nitrogênio as plantas C<sub>3</sub> respondem diminuindo o IAF, enquanto que nas C<sub>4</sub> ocorre a diminuição na eficiência no uso de recursos. Sendo assim, as C<sub>3</sub> têm maior necessidade de nitrogênio para a geração de capacidade fotossintética, expansão foliar, comparado às C<sub>4</sub> (mais eficiente no uso do nitrogênio), que provavelmente sob efeito de baixa disponibilidade de N no solo há competição mais intensa pelo nutriente para a expansão de área foliar e construção do sistema fotossintético (LEMAIRE *et al.*, 2008).

A comunidade de plantas daninhas proporcionou diminuição dos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) devido à diversidade de espécies, que proporcionou grande heterogeneidade de sombreamento.

## CONCLUSÕES

1. As características morfológicas e produtividade do *P. maximum* cv. Aries apresentaram melhores respostas em condição de não interferência das plantas daninhas;



2. O nitrogênio contribuiu para um melhor desenvolvimento de *P. maximum* cv. Aries, contudo no tratamento de convívio com as plantas daninhas sem corte houve o domínio sobre o *P. maximum* cv. Aries;
3. O corte realizado nas plantas daninhas promoveu a diminuição da intensidade de competição interespecífica;
4. A condição variável de sombreamento no tempo exprime diferentes respostas morfológicas em comparação com uma condição homogênea, interferindo principalmente na velocidade de estabelecimento do *P. maximum* cv. Aries.

## REFERÊNCIAS

- APHALO, P. J.; BALLARÉ, C. L.; SCOPEL A. Plant-plant signalling, the shade-avoidance response and competition. **Journal of Experimental Botany**, v. 50, n. 1, p. 1629-1634, 1999.
- BALDISSERA, T. C. *et al.* Plant development controls leaf area expansion in alfalfa plants competing for light. **Annals of Botany**, v. 113, n. 14, p. 1-13, 2014.
- BALLARÉ, C. L.; CASAL, J. J. Light signals perceived by crop and weed plant. **Field Crop Research**, v. 67, n. 2, p. 149-160, 2000.
- BONHOMME, R. Bases and limits to using 'degree.day' units. **European Journal of Agronomy**, v. 13, n. 1, p.1-10, 2000.
- BOURGEOIS, A. *et al.* Inferring weed spatial distribution from multi-type data. **Ecological Modelling**, v. 226, n. 8, p. 92-98, 2012.
- COLBACH, N. *et al.* ALOMYSYS: modelling black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) germination and emergence, in interaction with seed characteristics, tillage and soil climate. II. Evaluation. **European Journal of Agronomy**, v. 24, n. 3, p. 113-128, 2006.
- COOK, S. Pasture establishment on old cropping country in southern Queensland. **Tropical Grasslands**, v. 41, n. 1, p. 191-199, 2007.
- CRUZ, P.; BOVAL, M. Effect of the nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical grasses. In: LEMAIRE, G. *et al.* (Ed.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CABI Publishing: UK Cambridge University Press, c2000. cap. 8, p. 151-168.
- DAN, H. A. *et al.* Desempenho de plantas sorgo granífero sobre condições de sombreamento. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 675-679, 2010.
- DE RIBOU, S. B. *et al.* Plant science and agricultural productivity: why are we hitting the yield ceiling? **Plant Science**, v. 210, n. 5, p. 159-176, 2013.
- DEISS, L. *et al.* Oat tillering and tiller traits under different nitrogen levels in an eucalyptus agroforestry system in Subtropical Brazil. **Ciência Rural**, v. 44, n. 1, p. 71-78, 2014.
- EVERS, J. B. *et al.* Simulating the effects of localized red:far-red ratio on tillering in spring wheat (*Triticum aestivum*) using a three-dimensional virtual plant model. **New Phytologist**, v. 176, n. 2, p. 325-336, 2007.
- EVERS, J. B. *et al.* Understanding shoot branching by modelling form and function. **Trends in Plant Science**, v. 16, n. 9, p. 464-467, 2011.
- GASTAL, F.; LEMAIRE, G. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 3, p. 789-799, 2002.
- GOMMERS, C. M. M. *et al.* Shade tolerance: when growing tall is not an option. **Trends in Plant Science**, v. 18, n. 2, p. 65-71, 2013.
- GRACE, J. B. On the measurement of plant competition intensity. **Ecology**, v. 76, n. 1. p. 305-308, 1995.
- JOLLIFFE, P. A. The replacement series. **Journal of Ecology**, v. 88, n. 3, p. 371-385, 2000.
- JOLLIFFE, P. A.; MINJAS, A. N.; RUNECKLES, V. C. A reinterpretation of yield relationships in replacement series experiments. **Journal of Applied Ecology**, v. 21, n. 1, p. 227-243, 1984.
- KYRIAZOPOULOS, A. P. *et al.* Forage production and nutritive value of *Dactylis glomerata* and *Trifolium subterraneum* mixtures under different shading treatments. **Grass and Forage Science**, v. 68, n. 1, p. 72-82, 2012.
- LEMAIRE, G. *et al.* Crop species present different qualitative types of response to N deficiency during their vegetative growth. **Field Crops Research**, v. 105, n. 3, p. 253-265, 2008.
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International: UK Cambridge University Press, c1996. cap. 1, p. 3-36.
- MAHAJAN, C. *et al.* Crop performance and water- and nitrogen-use efficiencies in dry-seeded rice in response to irrigation and fertilizer amounts in northwest India. **Field Crops Research**, v. 134, n. 1, p. 59-70, 2012.
- MORENO, L. S. B. *et al.* Base temperature determination of tropical *Panicum* spp. grasses and its effects on degree-day-based models. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 186, n. 7, p. 26-33, 2014.
- MUNIER-JOLAIN, N. M.; GUYOT, S. H. M.; COBALCH, N. A 3D model for light interception in heterogeneous crop: weed canopies: model structure and evaluation. **Ecological Modelling**, v. 250, n. 9, p. 101-110, 2013.
- ROSTAMZA M. *et al.* Forage quality, water use and nitrogen utilization efficiencies of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) grown under different soil moisture and nitrogen levels. **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 10, p. 1607-1614, 2011.

RUBERTI, I. *et al.* Plant adaptation to dynamically changing environment: the shade avoidance response. **Biotechnology Advances**, v. 30, n. 5, p. 1047-1058, 2012.

SCHUSTER M. Z. *et al.* Interferência de plantas daninhas no estabelecimento do trevo branco como cultura forrageira. **Ciência Rural**, v. 43, n. 12, p. 2148-2153, 2013.

STACHOVÁ, T.; FIBICH, P.; LEPS, J. Plant density affects measures of biodiversity effects. **Journal of Plant Ecology**, v. 6, n. 1, p. 1-11, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2010. 782 p.

WAN, C.; SOSEBEE, R. E. Tillering responses to red:far-red light ratio during different phenological stages in *Eragrostis curvula*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 40, n. 3, p. 247-254, 1998.

WEIGELT, A.; JOLLIFFE, P. Indices of plant competition. **Journal of Ecology**, v. 91, n. 3, p. 707-720, 2003.